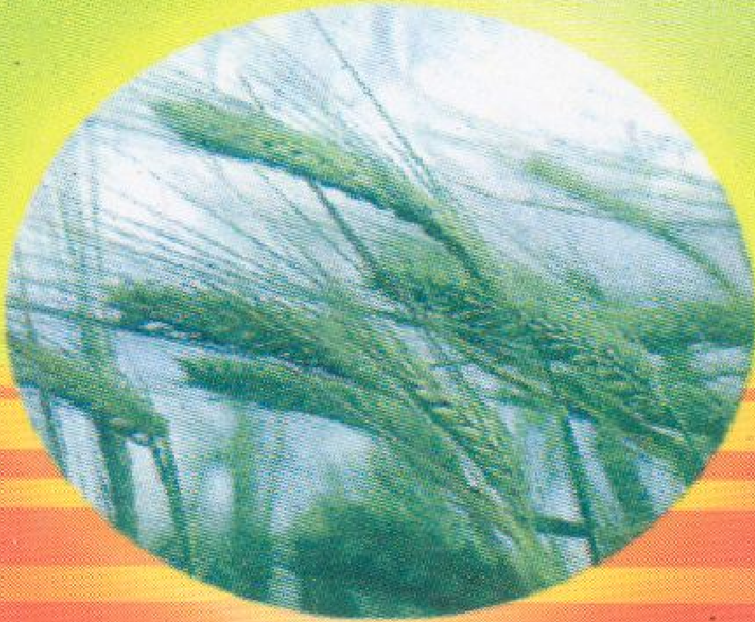
وراثة و تربية المحاصيل ٢

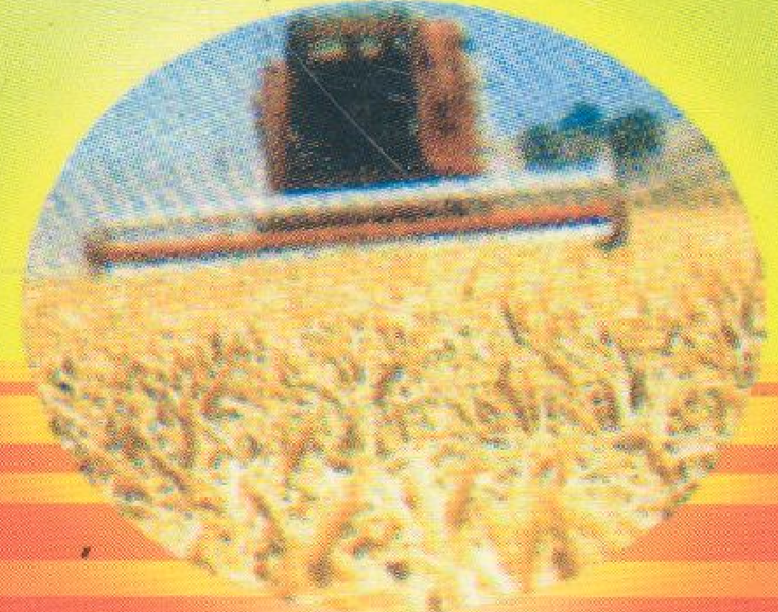
لتحمل الإجهاد البيئي

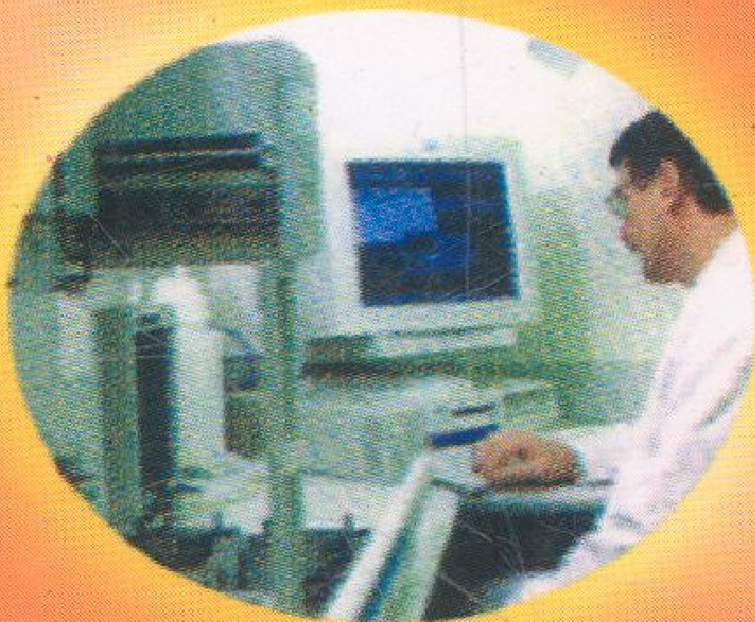
الملوحة - نقص العناصر الغذائية
سمية العناصر الغذائية - مبيدات الحشائش
الإشعة فوق البنفسجية













أ.د/ حسن عوده عواد
أستاذ المحاصيل و تربية النبات
كلية الزراعة - جامعة الزقازيق

المكتبة المصرية



٣ش أحمد ذو الفقار - لوران الإسكندرية
تليفاكس: ٠٠٢/٠٣/٥٨٤٠٢٩٨
محمول: ٠١٢/٤٦٨٦٠٤٩

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الإجهاد البيئي

الجزء الثاني

الملوحة - نقص العناصر الغذائية - سمية العناصر الغذائية

مبيدات الحشائش - الأشعة فوق البنفسجية

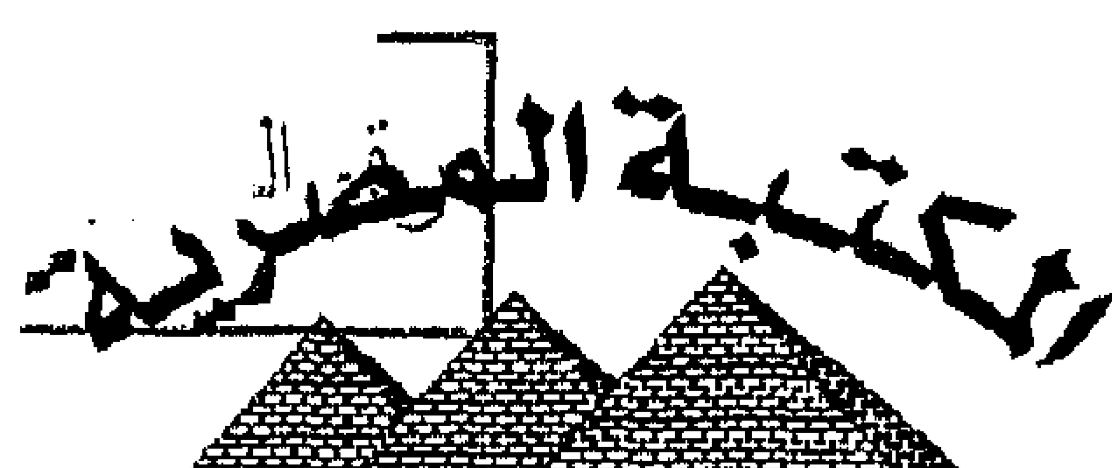
الدكتور

حسن عودة عواد

أستاذ المحاصيل وتربية النبات

كلية لزراعة - جامعة الزقازيق

٢٠٠٩



للطباعة والنشر والتوزيع

٣ ش أحمد دو الفقار لوران الإسكندريه

تليفاكس ٢٩٨ ٣/٥٨٤ ٢/

محمول ٠٩ ٤ ١٢/٤٦٨٦

عنوان الكتاب : وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الإجهاد البيئي ج٢

المؤلف : د. حسن عِودة عواد

الناشر : **المكتبة المصرية**

: تليفاكس : ٠٣-٤٢٠٦٩٣٤

الطبعة : الأولى

سنة النشر : ٢٠٠٩

رقم الإيداع : ٢٠٠٩/٣٢٢٩

I.S.B.N. : 977 - 411 - 428 - 0

جميع الحقوق محفوظة للناشر ©

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وَأَنزَلْنَا مِنَ الْمُعْصِرَاتِ مَاءً ثَجَّاجًا ﴿١٤﴾
لِنُخْرِجَ بِهِ حَبًّا وَنَبَاتًا ﴿١٥﴾ وَجَنَّاتٍ أَلْفَافًا
﴿١٦﴾ إِنَّ يَوْمَ الْفَصْلِ كَانَ مِيقَاتًا ﴿١٧﴾ ﴾

(سورة النبأ : آيه ١٤، ١٥، ١٦،١٧)

تقديم

لقــد أدت الزيادة المستمرة لأنشطة الإنسان المختلفة في البيئة الزراعية إلى تراجع مساحة الأرض الخصبة عالية الإنتاجية ، حيث يفقد العالم كل دقيقة عشــر هكــتارات مــن الأرض ، خمسة منها بفعل تعرية التربة وثلاثة نتيجة التمليح، وواحد هكتار بفعل عوامل تآكل التربة وواحد هكتار نتيجة الاستخدامات غير الزراعية (عن : Dwivedi, 2004).

ومع سعي الإنسان الدائم للمحافظة على بقائه ومع الزيادة المستمرة في تعــداد الســكان ، بدأ توجه الإنسان نحو زراعة الأراضي الهامشية فى أعقاب القرن الخامس عشر الميلادى بالرغم من العائد المنخفض من زراعتها . وبدأت تــتزايد جهود المشتغلين بالزراعة نحو إستغلال مساحات من الأراضي الجديدة وإســتغلال الصــحاري الشاســعة وإستخدام مياه أقل جودة في الزراعة لصالح الإنسان.

ولقد إنحصرت جهود العلماء في العقود السابقة في التغلب على مشاكل الأراضي الهامشية عن طريق تعديل بيئة النبات من خلال أساليب تحسين التربة وإستخدام الأسمدة والإجراءات الزراعية المناسبة ... وغيرها . إلا أن المحددات الاقتصــادية والبيئــية المتعلقة بتحسين البيئة ، جعلت من التوجه إلى التحسين الوراثي وإستنباط أصناف أقدر على تحمل ظروف الإجهاد ، إتجاه بديل للتغلب على مشاكل الزراعة في الأراضي الهامشية .

ولقــد أوضحت التقارير المبكرة حول موضوع الإجهاد أن هناك أمل وإمكانــية للتربــية لــتحمل ظروف البيئة غير الملائمة . وبناءً على ذلك ، فقد اتجهت إهتمامات كثير من العلماء إلى إستغلال الفروق الوراثية بين النباتات في القــدرة على الأقلمة مع عوامل الإجهاد المختلفة لحل مشكلة الغذاء. حيث أمكن

بالفعل تحقيق تقدم ملموس في برامج إستنباط أصناف من المحاصيل الحقلية تتأقلم والزراعة تحت هذه الظروف.

وتعتبر إجهادات البيئة غير الحيوية المتمثلة في ملوحة التربة ونقص أو زيادة العناصر الغذائية إلى جانب تحمل نباتات المحاصيل لمبيدات الحشائش في أنظمة الزراعة المتقدمة وتحمل تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية ، من الأهداف الهامة التي يسعى إليها مربي النبات في برامج التربية ، وهو موضوع هذا الجزء ، والذي يعتبر الثاني في مقاومة إجهادات البيئة. حيث تم التعرض في الجزء الأول من هذا العمل إلى عوامل الإجهاد البيئي متضمناً الجفاف والحرارة العالية والتلوث البيئي.

ولما كانت الاجهادات الحيوية المتمثلة في الإصابات المرضية والحشرية والنيماتوديه والقواقع والبزاقات والطيور والحشائش المتطفلة ، تمثل جانب هام من البيئة الزراعية وإهتمام مربو النباتات في عديد من مناطق العالم ، فقد تم تناول هذا الموضوع في مؤلف سابق تحت عنوان " تربية المحاصيل لمقاومة الأمراض والحشرات وبعض الآفات الزراعية الأخرى " **(سالم وعواد 2004).**

ويتناول مؤلف وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الإجهاد البيئى خمسة أقسام رئيسية يشمل القسم **الأول : وراثة** وتربية المحاصيل لتحمل الملوحة ويضم عشرة أبواب ، **يشمل الباب الأول** : محاصيل الحقل وتحمل الملوحة ، والثاني : طبيعة وميكانيكية مقاومة النباتات للملوحة ، والثالث : أسس مقاومة المحاصيل للملوحة (الصفات النباتية والمعايير الانتحابية) ، والرابع : الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل للملوحة ، والخامس : السلوك الوراثي لتحمل الملوحة والصفات المرتبطة في المحاصيل الحقلية ، والسادس : إستراتيجية التربية لتحمل الملوحة والمحصول ، والسابع : جهود التربية لتحمل

الملوحة ، والثامن : التغيرات المرتبطة بالتعبير الجينى فى تحمل إجهاد الملوحة ، والتاســـع : كيفـــية التعامل مع مشكلة الملوحة ودور المعاملات الزراعية فى تحســـين تحمـــل المحاصيل للملوحة ، والعاشر : تقييم التراكيب الوراثية لتحمل الملوحة .

ويتضمن القسم الثاني : وراثة وتربية المحاصيل لتحمل نقص العناصر الغذائية ويضم تسعة أبواب ، يشمل الباب الأول : العناصر الغذائية ، والثانى : عـــامل التربة وكفاءة أصناف المحاصيل فى إمتصاص والاستفادة من العناصر الغذائية ، والثالث : ميكانيكية المقاومة لنقص العناصر ، والرابع : أسس مقاومة المحاصيل لإجهاد نقص العناصر الغذائية(الصفات النباتية والمعايير الانتخابية) ، والخامس : الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل لنقص العناصر ، والسادس : الســـلوك الوراثـــى لـــتحمل نقص العناصر فى المحاصيل الحقلية ، والسابع : إستراتيجية التربية لتحمل نقص العناصر والمحصول ، والثامن : جهود التربية، والتاسع : تقييم التراكيب الوراثية لتحمل نقص العناصر الغذائية .

ويتضمن القسم الثالث : وراثة وتربية المحاصيل لتحمل زيادة أو سمية العناصر الغذائية . ويضم ثمانية أبواب ، يشمل الباب الأول : العناصر الغذائية، والثانى : ميكانيكية السمية وطبيعة المقاومة ، والثالث : أسس مقاومة المحاصيل لإجهـــاد ســـمية العناصر (الصفات النباتية والمعايير الانتخابية) ، والرابع : الاخـــتلافات الصـــنفية ومصادر التحمل لسمية العناصر ، والخامس : السلوك الوراثـــى لـــتحمل ســـمية العناصر فى المحاصيل الحقلية ، والسادس : جهود التربية، والسابع : العلاقة بين زيادة العناصر الغذائية ونمو وإنتاجية المحاصيل، والثامن : تقييم التراكيب الوراثية لتحمل سمية العناصر .

ويتضـمن القسم الـرابع : وراثـة وتربية المحاصيل لتحمل مبيدات الحشـائش . ويضـم سبعة أبـواب ، يشـمل الباب الأول : بعض المفاهيم والمصـطلحات المـتعلقة بطبيعة المقاومة لمبيدات الحشائش ، والثانى : أسس مقاومة المحاصيل لمبيدات الحشائش (الصفات النباتية والمعايير الانتخابية) ، والثالـث : الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل لمبيدات الحشائش ، والرابع : السـلوك الوراثى لتحمل مبيدات الحشائش فى المحاصيل الحقلية ، والخامس : العلاقـة بيـن تحمل مبيدات الحشائش والمحصول ، والسادس : جهود التربية لـتحمل مبـيدات الحشائش ، والسابع : تقييم التراكيب الوراثية لتحمل مبيدات الحشائش .

ويتضـمن القسم الخامس : وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الأشعة فوق البنفسـجية . ويضـم خمسـة أبـواب ، يشـمل الـباب الأول : الأسـس المورفوفسـيولوجية والكيموحـيوية لمقاومة تأثيرات الأشعة فوق البنفسجيـة طـراز B- ، والـثانى : الاخـتلافات الصنفية ومصادر المقاومة للأشعة فوق البنفسجية طراز B- ، والثالث : السلوك الوراثى لمقاومة تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B-، والرابع : جهود التربية ودور التقنية الحيوية ، والخامس : تجارب تقييم أثر إستبعاد الأشعة فوق البنفسجية على نباتات المحاصيل .

راجـيا أن يسـتفيد مـن هذا العمل جميع المهتمين بحل مشاكل البيئة الزراعـية الذيـن يقومـون بعمـل برامج لتربية وإستنباط أصناف جديدة من المحاصـيل الزراعية تتحمل ظروف الإجهاد المختلفة ، حيث إعتمد إعداد هذا المؤلف على العديد من المراجع العلمية.

والله ولي التوفيق ،،

أ . د / حسن عودة عواد

محتويـــات الكتـــاب

القسم الثانى

القسم الثالث

القسم الخامس

القسم الأول

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الملوحة

Genetics and Breeding Crops for Salinity Tolerance

القسم الأول

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الملوحة

Genetics and Breeding Crops for Salinity Tolerance

مقدمة

تعتـــبر زيـــادة الرقعة الزراعية باستصلاح المزيد من الأراضي القابلة للزراعة بالمناطق الصحراوية من الضرورات الملحة للتنمية.

وتعتبر الملوحة واحدة من أهم المشاكل التي تواجه المشتغلين في مجال الإنـــتاج الزراعي في عديد من مناطق العالم . وتزداد خطورة هذه المشكلة في المـــناطق الجافة وشبه الجافة ، مع ندرة الأمطار وعدم كفاية كميات مياه الري لغسيل الإملاح في مجال إنتشار الجذور ، كما تحدث الملوحة أيضا في المناطق المـــروية عـــند إستخدام مياه ري ذات جودة منخفضة ، الأمر الذي يؤثر على الإنتاج المحصولى كماً ونوعاً.

ونقـــدر مساحة الأراضي الملحية على مستوي العالم بنحو 955 مليون هكتار ، أما الأراضي المروية فتقدر بنحو 230 مليون هكتار ، وتقدر المساحة المـــتأثرة بالملوحـــة بنحو الثلث أي حوالي 77 مليون هكتار **(Metternicht and Zinck , 2003)** .

ومـــع توقـــع وصول عدد سكان العالم إلى 10 بليون نسمة بحلول عام 2050 ، فـــإن زيـــادة الطلب والحاجة إلى الغذاء ، يتطلب بذل مزيداً من الجهد

لزراعة الأراضي الهامشية Marginal soils والتي تعاني من مختلف المشاكل ومنها الملوحة.

ويعتبر تحسين الأقلمة الوراثية لأصناف المحاصيل بما يُمكن النبات من النمو في الأراضي المتأثرة بالملوحة جنباً إلى جنب مع إتباع الإجراءات الزراعية المناسبة وإستغلال التوافق بين الصنف المحسن وبيئته ،من الإستراتيجيات الهامة في التعامل مع مشكلة الملوحة.

الباب الأول

محاصيل الحقل وتحمل الملوحة
Field Crops and Salinity Tolerance

مفهوم الملوحة وتأثيراتها على نباتات المحاصيل :

تعرف الملوحة بأنها حالة زيادة مستوي الأملاح في التربة وزيادة الضغط الأسموزي للمحلول الأرضي ، الأمر الذي يتطلب بذل النبات مزيداً من الجهد لاستخلاص حاجته من الماء والعناصر الغذائية ، ويكون ذلك على حساب نموه وإنتاجه ، هذا إلى جانب التأثيرات المصاحبة لسمية الأيونات وعدم اتزان العناصر.

وتنشأ الملوحة نتيجة إذابة الأملاح من الصخور الأولية وعدم غسيلها بالقدر الكافي نظراً لندرة الأمطار ، كما تتكون نتيجة زيادة معدل النتح بخر مع إرتفاع درجة الحرارة في المناطق الجافة وشبه الجافة ، وتحدث الملوحة أيضا في المناطق المروية مع سوء الصرف أو عند إستخدام مياه ري منخفضة الجودة ذات أثر تمليحي إلى جانب الاستخدام غير المنظم للأسمدة الكيماوية .

وتقسم الأراضي المتأثرة بالأملاح حسب نوع الأملاح الموجودة وخصائصها الطبيعية وتوزيعها الجغرافي وتأثيراتها البيولوجية على النباتات النامية إلى ما يلي :

1- الأراضي الملحية Saline soils

تتميز الأراضي الملحية بارتفاع درجة التوصيل الكهربي في المستخلص المشبع منها عن 4 ملليموز في درجة حرارة 25°م وإنخفاض مقدار الصوديوم

المتبادل عن 15% من السعة التبادلية لكاتيونات الأرض ونقص رقم الحموضة عن 8.5 . وتنحصر مشكلة الأراضى الملحية فى وجود الأملاح الذائبة بتركيزات زائدة ، وخاصة الكلوريدات والكبريتات وأحياناً النترات والبيكربونات وتغيب عادة الكربونات الذائبة . وتوجد أملاح غير ذائبة مثل كبريتات الكالسيوم وكربونات الكالسيوم والماغنسيوم . وتكون كاتيونات الكالسيوم والماغنسيوم هى الكاتيونات الرئيسية الموجودة ، ولا توجد مشكلة زيادة نسبة الصوديوم المتبادل.

وكثيراً ما توجد بهذه الأراضى قشرة من الأملاح على السطح ، كما تزداد الأملاح عادة فى الطبقة السطحية وتقل فى الطبقات السفلى قبل إستزراعها ثم بعد الإستزراع والرى تتغير الحالة . ونجد أن حبيبات الأرض عادة متجمعة والأرض جيدة النفاذية . وقد قسمت الأراضى الملحية على أساس درجة ملوحتها وتأثير ذلك على نباتات المحاصيل إلى خمسة أقسام (جدول 1 – 1) .

جدول (1-1) : مجموعات الأراضي الملحية وعلاقة ذلك بنمو المحاصيل :

طراز الملوحة	درجة التوصيل (ديسيمتر / م)	التأثير على نبات المحصول
1- غير ملحية Non saline	صفر -2	لا تحدث أضرار للنباتات
2- ملحية خفيفة Slightly saline	2-4	قد تتأثر إنتاجية المحاصيل الحساسة
3- متوسطة الملوحة Moderately saline	4-8	تتأثر إنتاجية معظم المحاصيل
4- شديدة الملوحة Strongly saline	8-16	ينمو فيها أصناف المحاصيل المتحملة بصورة مرضية
5- شديدة الملوحة جداً Very strongly saline	> 16	ينمو فيها أصناف المحاصيل عالية التحمل بصورة مرضية

ويمكن إستصلاح الأراضى الملحية عن طريق غسيل الأملاح من التربة بمياه ذات صفات جيدة لإذابة الأملاح وإزالتها من منطقة الجذور ، مع الاهتمام بعملية الصرف وزراعة أنواع وأصناف المحاصيل المتحملة للملوحة .

2- الأراضي القلوية (الصودية) Alkali (Sodic) soils

تتمـــيز الأراضي القلوية بانخفاض درجة التوصيل الكهربي لمستخلص عجيـــنة التربة عن 4 ملليموز في درجة حرارة 25ْ م وإرتفاع مقدار الصوديوم المتبادل عن 15% من السعة التبادلية لكاتيونات الأرض وإرتفاع رقم الحموضة عن 8.5 ويصل إلى 10 كما هو الحال في الأراضى المصرية .

وتتمـــيز هـــذه الأراضـــى باكتسابها لوناً داكناً أسود نتيجة ذوبان المادة العضوية فى الــ pH المرتفع ، وتغطية حبيبات الأرض بهذا اللون . كما تصبح الأرض مفـــرقة وتحتفظ بالماء بدرجة أكبر نظراً لارتفاع نسبة الصوديوم على أسطح غرويات الأرض وكذا إرتفاع درجة الحموضة .

ويحـــتوى محلـــول الأراضي القلوية على أيونات الكلوريد والكبريتات والكربونات والبيكربونات .

وتســـود الأراضـــي القلويـــة فـــي المناطق الجافة Arid وشبه الجافة Semi-arid بســـبب إنخفـــاض معـــدل سقوط الأمطار السنوي عن 20 بوصة والـــذي يـــنخفض فـــي المناطق الجافة عن 10 بوصة ، وبالتالي لا تكفي هذه الأمطار غسيل القواعد . وتقسم الأراضى القلوية إلى خمس مجاميع على حسب التأثير على النمو ومتوسط أداء الصنف المحصولي (جدول 1-2) .

بيد أن الأراضي القلوية هي مرحلة تالية للأراضي الملحية وبسبب زيادة تركيز الصوديوم فإن هذه الأراضي تفقد أهم خواصها الفيزيائية وهو البناء الذي يتهدم ، فتفقد قدرتها على توصيل الماء وتسوء تهويتها ولا تستعيد هذه الخاصية إلا بعـــد إجـــراء الاستصـــلاح Reclamation باســـتخدام الجـــبس الزراعي Gypsum وهـــو على صورة كبريتات كالسيوم ($Ca\ SO_4\ ,\ 2H_2O$) والذي يضاف للتربة بمعدل 5 طن /فدان قبل الحرث .

جـدول (1-2) : نسـبة الصوديوم المتبادل ESP فى الأراضي القلوية وعلاقته بالضرر الحادث على نمو ومتوسط أداء المحصول.

طراز ESP	الضرر	ملاحظات
صفر-15	لا يوجد	تتأثر فقط المحاصيل الحساسة
15-30	خفيف إلى متوسط	
30-50	متوسط إلى عالي	
50-70	عالي إلى عالي جداً	
70 فأكثر	شديد الارتفاع	تستطيع النمو فقط أنواع الحشائش المتحملة المتوطنة في بيئتها.

حيـث يحـل الكالسـيوم الذائب من الجبس محل الصوديوم على معقد التـبادل، وتـتكون كبريتات الصوديوم التى تتحرك لأسفل مع حركة ماء الرى بعيداً عن مجال إنتشار الجذور . ويؤدى إحتلال الكالسيوم على سطوح حبيبات الـتربة إلى تجمع الحبيبات مكوناً وحدات بناء جديدة فى شكل تجمعات فتستعيد التربة بناءها الذى فقدته وتتحسن تهويتها ونفاذيتها .

3- الأراضي الجيرية Calcareous soils

فـي المـناطق الجافة التي يقل معدل سقوط الأمطار فيها عن 250 مم سـنوياً يتجمع الجير في قطاع التربة على أبعاد مختلفة وتزيد الأضرار الناجمة عن تجمع الجير كلما اقتربت منطقة التجمع من مجال إنتشار المجموع الجذري. وتحـتوى الأراضـي الجيرية أساساً على كربونات الكالسيوم وأحياناً كربونات الماغنسيوم . وتصل نسبة وجود أملاح كربونات الكالسيوم فى الأراضى الجيرية من 8 - 10 % وقد تصل أحيانا إلى حوالي 60-70% من وزن التربة . بينما تقـل هذه النسبة في بعض الحالات إلى 2-3% . توجد كربونات الكالسيوم في الأراضـي الرملـية والطمـية والطينـية وتمثل نسبة من مكونات القوام في

الأراضي الجيرية .. وعندما تزيد نسبتها قد تتجمع على شكل طبقة صماء داخل قطـاع الـتربة وفوق مستوي الماء الأرضي العادي فتتجمع المياه فوقها مكونة مسـتوي ماء أرضي جديد يطلق عليه مستوي الماء الأرضي المعلق والذي يتم الـتخلص مـنه عـن طريق إستخدام محاريث تحت التربة لإزالة هذه الطبقة. وتنتشـر هذه الأراضي في الساحل الشمالي الغربي من الإسكندرية حتى الحدود الغربية لمصر وجنوبا لمسافة 80 كم.

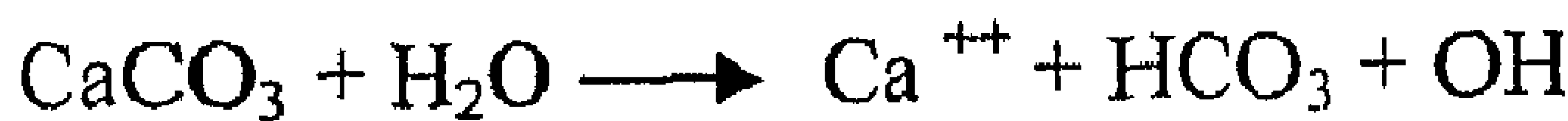
ويمكـن تلخـيص الأضرار الناجمة عن تجمع الجير في الأراضي الجيرية فيما يلي :

1- إرتفـاع الرقم الهيدروجيني ومن ثم إنخفاض صلاحية العديد من العناصر الغذائية والتي تزداد صلاحيتها داخل مدي 5.5 إلى 7.

2- إمتصاص الفوسفور على سطوح كربونات الكالسيوم والماغنسيوم ويتحول بذلك إلى صورة أقل صلاحية لإمتصاص النبات.

3- إعاقة انتشار جذور المحاصيل.

وتـزداد حدة الضرر الأول عند زيادة محتوى التربة من الماء حيث يتفاعل مـع كـربونات الكالسـيوم مكونـاً أيونات الأيدروكسيل بالإضافة إلى إنطلاق الكالسيوم والبيكربونات كما هو موضح من المعادلة التالية :-



$$CaCO_3 + H_2O \longrightarrow Ca^{++} + HCO_3 + OH$$

ويترتب على زيادة محتوى التربة من البيكربونات (HCO_3) إنخفاض صـلاحية الحديـد إذ يتحد كاتيون الحديدوز (Fe^{++}) الصالح للامتصاص مع البيكربونات مكونا كربونات حديد وهي في وجود الماء تكون أوكسيد حديديك .. والحديد على هذه الصورة غير صالح للامتصاص كما هو موضح من المعادلة التالية :-



$$Fe_2(CO_3)_3 + 3H_2O \rightarrow Fe_2O_3 + 3H_2CO_3$$

كما أن أيونات البيكربونات يزداد إمتصاصها بواسطة النباتات وتؤدي إلى ترسيب الحديد داخل الجذر فلا ينتقل بين أجزاء النبات .. كذلك لوحظ زيادة امتصاص الفوسفات وهي تؤدي إلى ترسيب الزنك داخل النبات على صورة فوسفات فيظهر على النبات أعراض نقص هذه العناصر الثلاث.

بيد أن الأراضي الجيرية تعاني من إنخفاض صلاحية الحديد ولذلك تظهر على النباتات أعراض نقصه فى صورة تبرقش الأوراق وهي عبارة عن بقع واضحة صفراء أو بيضاء تظهر بين اللون الأخضر المميز لها .. كذلك تعاني الأراضي الجيرية من نقص النيتروجين والفوسفور وكذلك من نقص الزنك لذلك ينبغي الاهتمام بالتسميد النيروجينى والفوسفاتي في هذه الأراضي وإضافة الحديد والزنك أيضاً ، والمعتاد أن يضافا على صورة مخلبية Chelates لضمان عدم تحولهما مرة أخرى إلى صورة غير صالحة للامتصاص.

ويفيد ثاني أوكسيد الكربون المنطلق من أثر تنفس المجموع الجذري وبقية كائنات التربة في تقليل الأثر الضار الناجم عن إرتفاع الرقم الهيدروجيني في الأراضي الجيرية .. لذلك تفيد إضافة الأسمدة البلدية وبقايا نباتات المحاصيل في زيادة محتوي التربة من ثاني أوكسيد الكربون.

يمكن زراعة العديد من محاصيل الحقل في الأراضي الجيرية .. إذ يمكن زراعة محاصيل العلف الأخضر كالبرسيم الحجازي وكذلك يمكن زراعة القمح والشعير والأرز والقطن والذرة الشامية وبنجر السكر والبطاطس .. وبدرجة أقل يمكن زراعة الذرة الرفيعة والفول.

4- الأراضي الحامضية Acidic soils

تســود الأراضي الحامضية في المناطق الرطبة Humid وشبه الرطبة Sub-Humid في وسط أوروبا ، حيث يزيد معدل سقوط الأمطار السنوي عن 20 بوصـــة. وتســبب غزارة الأمطار غسيل القواعد (كالسيوم – ماغنسيوم – صـــوديوم – بوتاسيوم) من على سطوح حبيبات التربة وتُصرف مع الماء بعيداً عــن مجال المجموع الجذري ، وبالتالي يحتل الايدروجين مواقع القواعد على سطوح حبيبات التربة وتتراوح درجة الحموضة من 3 إلى 8.

تعانـــي الأراضـــي الحامضية من إنخفاض صلاحية العناصر الغذائية بسبب إنخفاض نشاط البكتريا المسئولة عن زيادة محتوى التربة من النيتروجين عــن طـــريق التثبيـــت من الهواء الجوي أو عن طريق أكسدة المادة العضوية وزيـــادة محتواها من النيتروجين. كذلك تنخفض صلاحية الفوسفور بسبب زيادة تركيز ايدروكسيدات الحديد والألومنيوم والتي تتحد مع الفوسفات مكونة فوسفات حديـــد وفوسفات ألومنيوم وهي لا تذوب في الماء فترسب في محلول التربة ولا يمكن لنباتات المحاصيل الاستفادة منها.

تعانـــي الأراضـــي الحامضية أيضا من زيادة غير مرغوبة في تركيز العناصر الغذائية الصغري مثل الحديد والمنجنيز والنحاس وهى كاتيونات تزداد صـــلاحيتها كلمـــا زادت حموضـــة الـــتربة حيـــث تُحـــدث نوع من التضاد Antagonism لامتصاص عناصر غذائية أخرى وبالتالي تظهر أعراض نقص التغذية بهذه العناصر . وتختلف قدرة نباتات المحاصيل على تحمل زيادة تركيز العناصـــر الغذائـــية الصغرى وبالتالي تختلف قدرتها على تحمل ظروف التربة الحامضية . ومن أمثلة هذه المحاصيل الراي والشوفان حيث تتحمل هذه النباتات

إنخفـــاض حموضة التربة حتى رقم هيدروجيني 4.5 ، فى حين لا يتحمل بنجر السكر أو البرسيم الحجازي هذا الانخفاض.

المعتاد إستخدام الجير في استصلاح الأراضي الحامضية لرفع قاعديتها إلـــى رقـــم هيدروجينــــي 6.5 أي تصبح الأرض خفيفة الحموضة حيث تزداد صلاحية جميع العناصر الغذائية.

ملوحة مياه الري ومدي صلاحيتها .
Saline irrigation water and its validity

تحـــتوي مـــياه النيل على أملاح ذائبة تبلغ 250 جزء في المليون عند الـــبداية (أســـوان) تزداد تدريجياً حتى تبلغ 750 جزء في المليون عند المصب (الـــبحر المتوســـط) . ويسبب وجود بعض الأيونات بتركيزات متباينة في مياه الـــري كالكلوريد ، والصوديوم ، والبورون ... وغيرها ، تأثيراً ساما فيقل نمو المحصـــول ويتأثر إنتاجه . على أن هذا الضرر يتوقف على مقاومة المحاصيل لتلك الأيونات ، فقد يكون تركيز معين لأيون ضاراً بالنسبة لمحصول دون آخر. وفـــي الوقت الذي تظهر فيه سمية بعض الأيونات على محصول دون أن يؤثر ذلـــك علـــى نمـــوه وإنتاجه ، يتأثر نمو وإنتاج محصول آخر ينمو تحت نفس الظروف دون أن تظهر علامات السمية عليه إلا متأخراً . ويتوقف التأثير السام لـــبعض الأيونـــات على حساسية المحصول وعلى كمية الأيون المتراكم وعلى الظـــروف الجويـــة وتركيز الأيون في ماء الري ، وعلى الاحتياجات المائية ، وأسلوب الري وغسيل الأملاح.

وتؤثـــر نوعـــية مياه الري على نمو وإنتاجية المحاصيل وتتحدد برقم الحموضــــة pH ودرجـــة التوصيل الكهربي ومحتوى المياه من المواد الصلبة الذائـــبة ، وتركـــيز الأيونـــات المخـــتلفة وهـــي الكالســـيوم ، والصـــوديوم ،

والماغنسيوم، الكربونات ، والبيكربونات ، والكلوريدات ، والكبريتات . فتوجد الكـــربونات عـــندما يـــزيد رقـــم الحموضة عن 8.5 .وتوجد علاقة بين درجة التوصيل الكهربي للتربة والأملاح الكلية الذائبة في التربة. حيث أن الماء الذي يحتوى على 640 ملليجرام / لتر من الأملاح يكون توصيله الكهربائي حوالي 1.0 ديسيمتر/م.

ومـــن الأيونـــات الأخـــرى التي تحدد نوعية مياه الري هي البورون ، والســـيلينيوم والليثيوم وهي توجد بنسب بسيطة جداً إلا أنها تكون سامة للنبات عند مستويات معينة . وتحتوى مياه الري كذلك على الفوسفات PO_4 ، والنترات NO_3 ، والبوتاســـيوم K . فالنترات مفيدة للنباتات إلا أنها خطرة إذا استعملت المياه للشرب.

وتؤثر الملوحة الزائدة على الإجهاد الرطوبي ، فالماء عند السعة الحقلية يكـــون ممســـوكاً بقوة **قدرها** $\frac{1}{10} - \frac{1}{3}$ بار . وهي تمثل **الحد الأقصي** لتيســـر الـــرطوبة فـــي الـــتربة ، وهـــنا يجب على النبات أن يبذل جهداً قليلاً لامتصـــاص المـــاء من التربة عند السعة الحقلية ، يزداد رويداً حتى يصل إلى الحـــد **الأدنـــي** لتيسر الرطوبة عند الذبـــول.فمع زيـــادة تركيز الأمـــلاح عن 4 مللـــيموز (أرض ملحـــية) ســـيزيد الإجهـــاد الرطوبـــي عند **السعة الحقلية** عن $\frac{1}{10} - \frac{1}{3}$ بار بسبب زيادة المكون الاسموزي والذي يؤثر علـــى نمو المحاصيل فلا يستطيع محصول مثل القمح أن ينمو وينتج عند-0.6 بار .

التأثير الخاص للأيون Specific ion effect

وهو تأثير تركيز زائد من أيون معين على مختلف العمليات الفسيولوجية فـــي محصـــول معين . فبعض المحاصيل تتحمل زيادة تركيز أيون معين عن

محاصـــيل أخرى . فتتحمل نباتات الأرز والبنجر زيادة تركيز الصوديوم حيث يمكنها أن توظفه بدلاً من البوتاسيوم في عمليات البناء ، إلا أنها حساسة لزيادة تركـــيز الكلوريـــد Cl . ويـــتحمل نبات الطماطم زيادة تركيز الكلوريد Cl ولا يـــتحمل زيـــادة تركـــيز الصوديوم . وتتحمل نباتات الذرة الشامية ملح كلوريد الكالسيوم $Ca\ Cl_2$ ، في حين تضار بشدة المحاصيل البقولية ، وهو تأثير خاص وليس تأثير عام . ولا شك أن زيادة حساسية النبات لأيون معين في حالة وجوده بتركـــيز مـــرتفع يـــؤدي إلى التأثير على فسيولوجي النبات وقد يصل إلى حد السمية.

1- الكلوريد :

يـــتحرك الكلوريدفي التربة بحرية حيث أنه لا يدخل في تفاعلات تبادل أيونـــي مـــع معقـــد الـــتربة ، وهو بالإضافة إلى ذلك لا يعتبر عنصراً غذائياً للمحاصـــيل . يتراكم الكلوريد في أوراق النبات وتظهر سميته على المحاصيل الحساســـة عندما تتعدى نسبته 0.3-1.0% من الوزن الجاف للأوراق . وهناك قـــيود متوســـطة على إستخدام مياه الري بالرش إذا احتوت على كلوريد يزيد تركيزه عن 3 ملليجرم/لتر ونسبة إدمصاص الصوديوم SAR بين 3 إلى 9.

2- الصوديوم :

تظهر سمية الصوديوم عند تراكمه بتركيز يزيد عن 0.25-0.5 % من الـــوزن الجاف لأنسجة الأوراق . وهناك قيود على إستخدام المياه للري بالرش عند إحتوائها على ما يزيد عن 3 ملليجرام /لتر من الصوديوم ونسبة إدمصاص الصـــوديوم بيـــن 3-9 ، إلى جانب التأثير غير المباشر لزيادة نسبة الصوديوم المتـــبادل على تدهور خواص الأراضي وقلة مساميتها وبالتالي التأثير على نمو

المحاصيل . وتستخدم نسبة الصوديوم المتبادل (ESP) كمقياس لسميته لبعض المحاصيل .

غير أن عنصر الصوديوم يكون ضرورياً للأنواع النباتية المحبة للملوحة Halophytic plants والتى تُجمع الملح فى الفجوات للمحافظة على ضغط الامتلاء والنمو . ولقد لوحظ التأثير المفيد لعنصر الصوديوم على نمو النباتات تحت ظروف الأراضى المنخفضة فى محتوى البوتاسيوم ، حيث يحل أيون الصوديوم Na^+ جزئياً محل أيون البوتاسيوم K^+ . ولقد صنفت المحاصيل حسب قدرتها على إمتصاص الصوديوم إلى الأقسام الأتية (جدول 1-3) :

(جدول 1-3) : القدرة على إمتصاص الصوديوم فى المحاصيل المختلفة

عالية	متوسطة	منخفضة	منخفضة جداً
بنجر العلف	القطن	الشعير	القمح الأسود
بنجر السكر	الترمس	الكتان	الذرة الشامية
بنجر المائدة	الشوفان	الدخن	الراى
البنجر السويسرى	البطاطس	الريب	فول الصويا
السبانخ	الكرنب	القمح	السويدا
المانجولد	جوز الهند		
	المطاط		
	اللفت		

3- البورون

يعتبر البورون من العناصر الضرورية لنمو النبات ، إلا أنه يصبح ساماً عند وجوده في مياه الري بتركيز يزيد عن 1-2 ملليجرام /لتر . وتظهر سمية البورون على النباتات عندما يصل تركيزه في نصل الورقة إلى 250-300

مللـــيجرام/كجم وزن جاف. ويفيد تحليل التربة ومياه الري في التأكد من التأثير السلبي للبورون. وهناك قيود على إستخدام المياه للري بالرش عند احتوائها على ما يزيد عن 0.7 ملليجرام/لتر ونسبة إدمصاص الصوديوم (SAR) بين 3-9 . وتكـــون القـــيود أعلـــى إذا زاد تركيزه على 3 ملليجرام/لتر ونسبة إدمصاص الصـــوديوم عـــن 9 . وتعتبر محاصيل القمح والشعير وزهرة الشمس والسمسم والترمس والفاصوليا واللوبيا من المحاصيل الحساسة للبورون ، في حين تعتبر محاصـــيل البنجر والبرسيم والذرة الشامية مقاومة لسمية البورون ، بينما القطن من المحاصيل عاليه المقاومة للعنصر.

4- العناصر النادرة في مياه الري :

تحتوى مياه الري العادية على نسب ضئيلة جداً من العناصر النادرة تقل عـــن 100 مـــيكروجرام/لتر . وتحتوى المياه الجوفية على تركيزات تزيد عما تحـــتويه المـــياه السطحية . وتحتوى مياه الصرف الصحي والمياه الملوثة على تركـــيزات عالـــية مـــن العناصر النادرة . وعلى الرغم من أن بعض العناصر النادرة تكون ضرورية لنمو النبات كالمنجنيز ، والحديد ، والزنك ، والنحاس ، والكوبلت ، والموليبدنم ، إلا أن زيادة تراكمها بالأنسجة النباتية يصبح ساماً. كما تســـبب المعادن الثقيلة مثل الكادميوم ، والزرنيخ ، والرصاص ، والكروميوم ، والنـــيكل ، والخارصين التي توجد في المياه الملوثة الناتجة من الصناعات تلوثاً للبيئة وضرراً للنبات والإنسان والحيوان على حد سواء. ويبين جدول (1-4) الحد الأقصى لتركيز بعض العناصر النادرة في مياه الري .

جدول (1-4) : الحد الأقصى لتركيز بعض العناصر النادرة في مياه الري.

العنصر	التركيز (مجم/ لتر)
المونيوم	5.0
بيريليوم	0.1
كادميوم	0.01
كوبلت	0.05
كروم	0.1
نحاس	0.2
فلوريد	1.0
موليبدنم	0.01
حديد	5.0
ليثيوم	2.5
منجنيز	0.2
نيكل	0.2
رصاص	5.0
سيلينيوم	0.02
فناديوم	0.1
خارصين	2.0
قصدير	لا يمتصه النبات
تيتانيوم	لا يمتصه النبات
تنجستن	لا يمتصه النبات
زرنيخ	0.1

(عن : Pratt, 1972)

تقييم صلاحية مياه الري :

لقـد أمكن وضع دليل لتقييم صلاحية مياه الرى للاستخدام إعتماداً على الملاحظـات والدراسـات التفصـيلية للمشاكل التي تنشأ عن استخدام مياه ذات صفات معينة على المدي الطويل على أساس ، نسبة الملوحة والسمية والمشاكل الأخـرى . وقـد اسـتخدم هذا الدليل لتقييم صلاحية المياه للاستخدام الزراعي وطبق على المياه (جدول 1-5) .

جدول (1-5) : أقسام جودة المياه وعلاقتها بتركيز الأملاح وزراعة المحاصيل :

القسم	محتوى المياه من الأملاح		الصلاحية
	ملليموز / سم	جزء فى المليون	
مـــاء مـــنخفض الملوحة	< 0.75	< 500	يمكـــن إســـتخدام هـــذه المياه في ري معظم المحاصـــيل مع وجود احتمال ضعيف لتطور مشـــاكل الملوحـــة . لـــذا يجب إجراء بعض الغسيل .
مـــاء متوســـط الملوحة	1.5 - 0.75	1000 - 500	يمكـــن إســـتخدام هذه المياه في حالة إجراء غســـيل متوسط وزراعة المحاصيل متوسطة التحمل ، دون إتباع إجراءات خاصة.
ماء عالي الملوحة	3 - 1.5	2000 - 1000	يؤدى إستخدام هذه المياه إلى حدوث تأثيرات ضارة على معظم المحاصيل ولذا تستخدم فى الأراضـــى جـــيدة الصـــرف مـــع زراعـــة المحاصـــيل المتحملة للملوحة وإجراء عملية غسيل الإملاح مع بعض الإجراءات الخاصة.
ماء عالي الملوحة جدا	7.5 - 3	5000 - 2000	هـــذه المـــياه غـــير مناسبة للري ، إلا تحت شـــروط خاصـــة جداً مع ضرورة الصرف الجـــيد وزراعـــة المحاصـــيل عالية التحمل للملوحة وإجراء عملية غسيل للأملاح.

(عن : عبد العال وآخرون، 1997)

تأثيرات الملوحة على نباتات المحاصيل :

تعتـــبر تأثـــيرات الملوحـــة على نمو النبات ظاهرة معقدة مسئول عنها الإجهاد الاسموزي وسمية الأيونات ونقص العناصر الغذائية.

كمـــا تحـــدث تأثـــيرات الملوحة نتيجة إشتراك عامل أو أكثر من هذه العوامـــل ، بمـــا يؤدي إلى إضطراب العمليات الكيموحيوية والفسيولوجية التي تـــدور فـــي فلـــك النـــبات . ويكون تأثير الاجهاد الأسموزى فاعلاً فى البداية

(عـــدة ســـاعات إلى عدة أيام قلائل) من التعرض للملوحة ، وتصبح تأثيرات سمية الأيونات واضحة على نمو النبات مع طول فترة التعرض .

وتعانـــي أصناف المحاصيل كثيراً تحت ظروف الملوحة ، نظراً لزيادة الجهـــد الرطوبي الكلي وزيادة الطاقة التي يبذلها النبات لاستخلاص حاجته من الماء والعناصر الغذائية . وعموما يمكن حصر التأثيرات الضارة للملوحة على النبات في النقاط الآتية :

1- إنـــتاج فـــوق الأكاســـيد والأنـــواع الأكسجينية النشطة التي تؤدي إلى هدم الليبيدات والصبغات والبروتين والحمض النووي دنا في النبات.

2- التجميع العكسى للكروماتين ومنع عملية النسخ والترجمة لدنا.

3- زيادة لزوجة الكروماتين في أنوية الإبيدرم وخلايا القشرة.

4- تثبيط النشاط المرستيمي وإحداث خلل للكروموسومات في الطور الانفصالي بخلايا الجذر المرستيمية.

5- نقـــص أعـــداد الميـــتوكوندريا وحـــدوث تضخم لأجسام جولجي والأغشية الأندوبلازمية.

6- فقد سلامة الغشاء البلازمي وضرر الغشاء الخلوي نتيجة صدمة الأغشية ، عـــند التركيزات الاسموزية العالية المصاحبة للملوحة المرتفعة في الوسط المحيط بالنبات.

7- خفـــض كفـــاءة إنزيم Ribulose – bis – phosphate carboxylase, Oxygenase , Nitrate reductase ونقص محتوى حمض الأسكوربيك والسيتوكينين .

8- نقـــص تيســـر العناصر الغذائية ونقص محتوي النبات من الماء ، وحدوث تغيرات فسيولوجية منها التأثير على معدل إستطالة وإنقسام الخلايا .

9- تؤثـــر الملوحـــة بطريق غير مباشر على التمثيل الضوئي لوحدة المساحة الورقية نتيجة إنغلاق الثغور إلى جانب التأثير المباشر على إضطرب جهاز التمثـــيل الضوئي . وتؤثر الملوحة على معدل التمثيل الضوئي للنبات ككل بنقص تمدد وإنبساط الأوراق،ومن ثم نقص إنتاج المادة الجافة والمحصول.

10- نقـــص نمـــو الجـــذور الأولـــية ودرجـــة تفريعها وسوبرة الهيبودرمس والاندودرمس.

11- التفاف الأوراق وإصفرار وإحتراق قمتها.

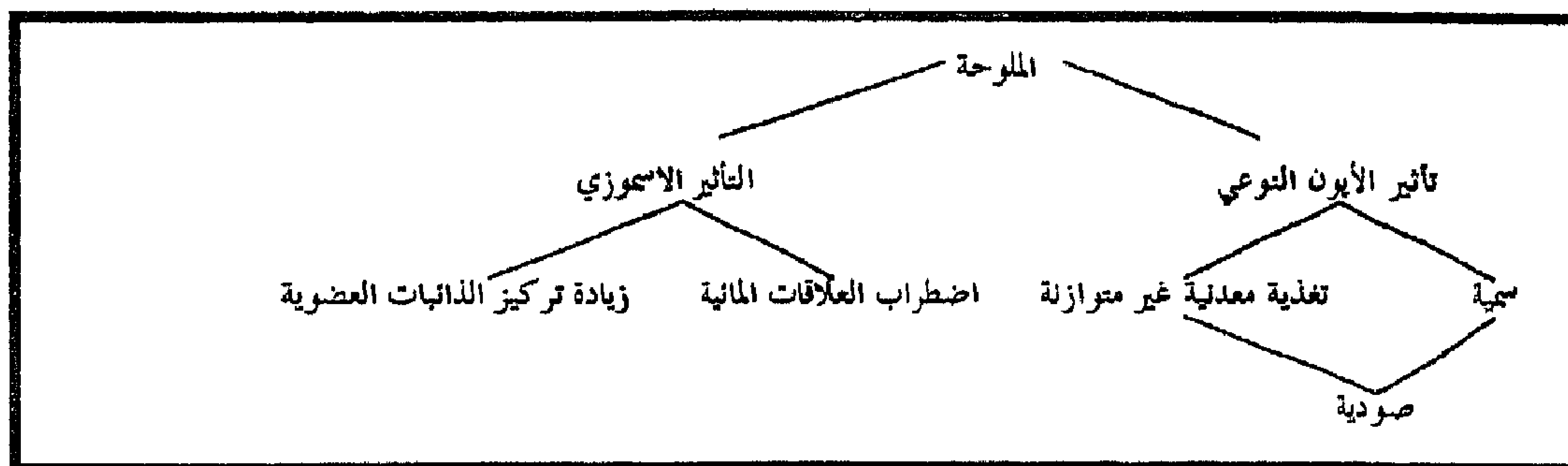
12- زيـــادة قتامة لون الورقة وزيادة الغضاضة وإنخفاض النمو وصغر حجم النبات.

13- تؤثـــر الملوحـــة الـــزائدة علـــى الإجهاد الرطوبي ، بسبب زيادة المكون الاسموزي فيقوم النبات باستنفاذ مركبات الطاقة من ATP, ADP, AMP UTP , UDP - glucose فـــى إمتصاص حاجته من الماء والعناصر الغذائية ، الأمر الذي يؤثر على نمو ومحصول النبات.

14- سمية النبات وموته ، في حالة تراكم الأيونات بمستوى يفوق الحد الحرج للتحمل.

15- ظهـــور بقـــع خالـــية مـــن النباتات في الحقل وإنخفاض محصول وحدة المساحة.

ويوضح شكل (1-1) تأثير الملوحة والقلوية على النبات



شكل (1-1) : تأثير الملوحة والقلوية على النبات (عن: Lauchli and Epstein, 1990)

تحمل محاصيل الحقل للملوحة

Tolerance of field crops to salinity

لقد أسفرت نتائج البحوث العلمية إلى تصنيف المحاصيل حسب تحملها للملوحة إلى حساسة ومتوسطة الحساسية ومتوسطة التحمل ومتحملة وعالية التحمل . وتتأثر درجة تحمل المحاصيل للملوحة بعوامل عديدة منها ما هو متعلق بالنوع النباتي وصنف المحصول ومرحلة النمو إلى جانب ظروف البيئة المحيطة .

العوامل المؤثرة على تحمل المحاصيل للملوحة

أ- نوع المحصول والصنف المنزرع

تختلف المحاصيل في تحملها للملوحة ، كما تختلف أصناف النوع الواحد من المحصول في درجة التحمل. وتتباين المحاصيل في القدرة على الحياة وإعطاء محصول مرضي عند زراعتها في الأراضي المتأثرة بالأملاح . فعند وصول درجة التوصيل الكهربي إلى 4 ملليموز تصبح الأراضي ملحية وتظل تزداد درجة التوصيل لتصل إلى درجات عالية . وتتحمل بعض محاصيل الحقل درجات منها في حدود 16 ملليموز . وتقسم محاصيل الحقل حسب تحملها للملوحة إلى المجاميع الآتية :

1- محاصيل حساسة : وتشمل الأرز والسمسم ومحاصيل البقول مثل العدس ، الترمس وفول المانج .

2- محاصيل متوسطة الحساسية : وتشمل الذرة الشامية ، الفول السوداني ، الحمص ، البرسيم الحجازى ، البرسيم الأبيض ، الفول البلدى ، قصب السكر ، الكسافا والبطاطس .

3- محاصــيل متوسطة التحمل : الذرة الرفيعة، القمح ، الدخن ، فول الصويا ، القرطم ، عباد الشمس ولوبيا العلف.

4- محاصيل متحملة : وتشمل الشعير ، القطن ، بنجر السكر ، الشوفان ، الراى ، الترتيكال ، الجوار ، الكانولا والريب .

5- محاصــيل عالــية الــتحمل : وتشمل القطف ، الكوخيا ، الجوجوبا ، المانجــروف ، حشيشــة القمح (الأجروبيرون) ، حشيشة الروداس ، حشيشة الملح ، حشيشة البانيكم وحشيشة الجاموس .

هــذا وقد قسمت المحاصيل على حسب التحمل النسبى للملوحة على أساس مستوى الملوحة المقابل لـــ 50 % إنخفاض فى المحصول إلى ثلاثة أقسام كما هو موضح بجدول (1 – 6) .

جــدول (1-6) : تصنيف محاصيــل الحقــل حســب درجــة تحملهـــا النســبى للملوحة

التصنيف	المحصول
1- محاصيل منخفضة التحمل للملوحة (حساسة): Low salt tolerance لا تستطيع نباتات هذه المحاصيل أن تتحمل ملوحة تزيد عن 4 ملليموز / سم عند 25° م	المحاصيل البقولية مثل الفول البلدي ، العدس ، الحمص ، الترمس ، البرسيم الأبيض والبرسيم الأحمر ومن العائلة السمسمية السمسم.
2- محاصيل متوسطة التحمل للملوحة : Moderate salt tolerance تتحمل هذه المحاصيل درجة ملوحة تتراوح بين 4- 10 ملليموز/سم عند 25° م .	الراى ، القمح ، الشوفان ، الأرز ، الذرة الرفيعة ، الذرة الشامية، الكتان ، زهرة الشمس ، الخروع ، البرسيم الحجازى وحشيشة السودان .
3- محاصيل عالية التحمل للملوحة : High salt tolerance تتحمل نباتات هذه المحاصيل درجة ملوحة تتراوح بين 10 - 16 ملليمور/سم عند 25° م .	الشعير ، بنجر السكر ، الريب ، القطن ، حشيشة الملح ، حشيشة البرمودا ، حشيشة الروداس

(عن : عبد العظيم ، 1997)

كما يوضح جدول (1 – 7) تحمل المحاصيل النسبى لملوحة مياه الرى وملوحة الأرض وتأثير ذلك على الإنتاجية

جدول (1-7): تحمل المحاصيل النسبي لملوحة مياه الري (ECw) وملوحة الأرض (ECe) وتأثير الملوحة على الإنتاجية .

أ - المحاصيل الحقلية

المحصول	الإنتاجية النسبية من المحصول الأقصى									
	%100		%90		%75		%50		صفر%	
	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w
الشعير	8.0	5.3	10.0	6.7	13.0	8.7	18.0	12.0	28.0	19.0
القطن	7.7	5.1	9.6	6.4	13.0	8.4	17.0	12.0	27.0	18.0
بنجر السكر	7.0	4.7	8.7	5.8	11.0	7.5	15.0	10.0	24.0	16.0
السورجم	6.8	4.5	7.4	5.0	8.4	5.6	9.9	6.7	13.0	8.7
القمح	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.3	13.0	8.7	20.0	13.0
فول الصويا	5.0	3.3	5.5	3.7	6.3	4.2	7.5	5.0	10.0	6.7
اللوبيا	4.9	3.3	7.5	3.8	7.0	4.7	9.1	6.0	13.0	8.8
الفول السوداني	3.2	2.1	3.5	2.4	4.1	2.7	4.9	3.3	6.6	4.4
الأرز	3.0	2.0	3.8	2.6	5.1	3.4	7.2	4.8	11.0	7.6
قصب السكر	1.7	1.1	3.4	2.3	5.9	4.0	10.0	6.8	19.0	12.0
الذرة	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10.0	6.7
الكتان	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10.0	6.7
الفول البلدي	1.5	1.1	2.6	1.8	4.3	2.0	6.8	4.5	12.0	8.0
الفاصوليا	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4	6.3	4.2
ب - محاصيل العلف										
حشيشة القمح	7.5	5.0	9.0	6.0	11.0	7.4	15.0	9.8	22.0	15.0
حشيشة البرمودا	6.9	4.6	8.5	5.6	11.0	7.2	15.0	9.8	23.0	15.0
شعير العلف	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.4	13.0	8.7	20.0	13.0
حشيشة الراي	5.6	3.7	6.9	4.6	8.9	5.9	12.0	8.1	19.0	13.0
حشيشة الوران	2.8	1.9	5.1	3.4	8.6	5.7	14.0	9.6	26.0	17.0
لوبيا العلف	2.5	1.7	3.4	2.3	4.8	3.2	7.1	4.8	12.0	7.8
السسبان	2.3	1.5	3.7	2.5	5.9	3.9	9.4	6.3	17.0	11.0
البرسيم الحجازي	2.0	1.3	3.4	2.2	5.4	3.6	8.8	5.9	16.0	10.0
ذرة علف	1.8	1.2	3.2	2.1	5.2	3.5	8.6	5.7	15.0	10.0
البرسيم الأبيض	1.5	1.0	3.2	2.2	5.9	2.9	10.0	6.8	19.0	13.0
البرسيم الأحمر	1.5	1.0	2.3	1.6	3.6	2.4	5.7	3.8	9.8	6.6

(عن : Rhoades , 1990).

ب-مرحلة النمو :

تبدى بعض المحاصيل حساسية عالية في أطوار نموها الأولى ، بينما تكون أقل حساسية للملوحة في أطوار نموها المتأخرة (جدول1-8) ، ولذا فمن

المفيد في برامج غربلة السلالات ، إجراء عملية الاختبار عند أكثر مراحل نمو المحصول حساسية حتى يتسنى التفريق بين السلالات الحساسة والسلالات المتحملة للملوحة.

جدول (1-8): تأثير طور النمو على تحمل المحاصيل للملوحة

المحصول	طور النمو	
	مرحلة الإنبات	مرحلة النضج
البرسيم الحجازي	ضعيف	جيد
الشعير	جيد جداً	جيد
القمح	جيد إلى حد ما	معتدل
الذرة الشامية	جيد	ضعيف
قصب السكر	ضعيف جداً	جيد
البقوليات البذرية	ضعيف جداً	ضعيف جداً
الأرز	ضعيف	جيد
بنجر السكر	حساس	جيد
القرطم	حساس	معتدل

(عن: Singh, 2004).

وتتباين المحاصيل فى مستوى التحمل النسبى للملوحة التى تؤدى إلى خفض الإنبات أو المحصول بنسبة 50 % طبقاً لتركيبها الوراثى ، كما هو مدون فى جدول (1- 9). حيث يحتل الشعير المرتبة الأولى فى التحمل بأعلى نسبة تكشف وأعلى محصول نسبى . فى حين كان القمح متوسط التحمل ، وجاءت الفاصوليا فى المرتبة الأخيرة ، حيث كانت الأقل تحملاً والأكثر تأثراً بالملوحة.

جـدول (1-9) التحمل النسبي للملوحة لمختلف المحاصيل عند التكشف وخلال النمو إلى النضج *

المحصول	درجة التوصيل الكهربي لمستخلص عجينة التربة المشبعة (ديسيمتر/م)	
	50% تكشف	50% محصول
الشعير	24-16	18
القطن	15	17
بنجر السكر	12-6	15
الذرة الرفيعة	13	15
القرطم	12	14
القمح	16-14	13
البنجر الأحمر	13.8	9.6
لوبيا العلف	16	9.1
البرسيم الحجازي	13-8	8.9
الأرز	18	3.6
الذرة الشامية	24-21	5.9
البصل	7.5-5.6	4.3
الفاصوليا	8.0	3.6

***حّـدد التكشـف لمعاملة الملوحة عند وصول معاملة الكنترول غير الملحية لأقصى إنبات (عن : Rhoades , 1990) .**

جـ- خصوبة التربة :

يـتأثر تحمـل المحاصـيل للملوحة بخصوبة التربة ، حيث يقل تحمل المحاصيل للملوحة بزيادة خصوبة التربة.

فقد لوحظ أن النباتات النامية في الأراضي غير الخصبة تُظهر في كثير مـن الأحيان مقاومة أكبر للملوحة عن النباتات النامية في أراضي خصبة نظراً لأن العامل المحدد للنمو في الأراضي منخفضة الخصوبة هو العناصر الغذائية وأن إضافة هذه العناصر يزيد من النمو والمحصول حتى في ظل وجود أملاح. بيـنما في الأراضي الخصبة ، فإن وجود الأملاح بها هو العامل المحدد للنمو.

ويتعيـــن لزيادة الإنتاجية تخفيض نسبة الأملاح بها وليس إضافة عناصر غذائية جديدة.

د- العوامل البيئية :

تؤثـــر العوامل البيئية ، والتلوث على درجة تحمل المحاصيل للملوحة. ويـــزداد تحمـــل المحاصيل للملوحة في الجو البارد الرطب بالمقارنة مع الجو الحـــار الجـــاف. وتلعـــب درجة الحرارة والرطوبة دوراً هاماً في تجنب ضرر الملوحة بميكانيكية إستبعاد الملح ، فتعاني نباتات الأرز كثيراً من ضرر الملوحة عـــند 30.7° م و 63.5% رطوبـــة نسبية مقارنة بـــ27.2° م و73.4% رطوبة نسبية ويعزي تأثير الحرارة إلى زيادة معدل النتح عن معدل الامتصاص.

وقـــد ظهـــر تأثـــير معنوي لانحدار التراكيب الوراثية على البيئة تحت ظـــروف الملوحـــة بوادي سدر لصفات محصول القطن الزهر والشعر ومعظم مكونـــات المحصـــول في دلالة على إختلاف إستجابة الأصناف لظروف بيئات الملوحة والمواسم الزراعية **(Moustafa , 2006)**.

بعض نباتات البيئة الملحية

Plants adapated to saline habitats

لقـــد أمكن حصر عديد من نباتات البيئة الصحراوية المتحملة أو عالية الـــتحمل للملوحة فى عديد من المناطق العربية التى تعانى من إجهاد الملوحة . وتتمـــيز هذه النباتات بالقدرة على النمو فى أوساط مرتفعة الملوحة نتيجة وجود بعـــض التحورات فى الصفات المورفولوجية والخصائص التركيبية إلى جانب العملـــيات الفســـيولوجية والكيموحـــيوية ، بما يمكنها من تحمل ظروف البيئة القاسية. وقد أمكن تصنيف هذه النباتات ودراسة الأهمية الاقتصادية لها كما هو موضح بجدول (1 – 10) .

جـدول (1 - 10) : بعـض نباتـات البيئـة الملحيـة المتحملـة للملوحـة

اسم المحصول	الاسم العلمى	العائلة	الاستخدام
صباح الخير	*Sesuvium verrucosum* Rafin	Aizoaceae	عـالى التحمل للملوحة (ملوحة ماء البحر) – ترعاه الجمال .
رغل أو قطف محلي	*Atriplex leucoclada* Bioss	Chenopodiaceae	عـالى الـتحمل للملوحة . ذو قيمة عالية كشجيرة علف ومصدر للطاقة.
لحية التيس	*Bassia muricata* L.	Chenopodiaceae	عالى التحمل للملوحة – نبات علف .
تلج أو سلى	*Cornulaca monacantha* Del.	Chenopodiaceae	عـالى التحمل للملوحة . نبات علف ترعاه الجمال ، له استخدامات طبية.
سويدا أو مليحة	*Suaeda vermiculata* Forssk	Chenopodiaceae	عـالى التحمل للملوحة (ملوحة ماء الـبحر) . يسـتخدم فى الزينة فى المناطق الساحلية ..
الخروع	*Ricinus communis* L	Euphorbiaceae	متوسـط التحمل للملوحة. نبات برى ومـنزرع. تستخدم بذوره لاستخراج الزيت ، وله استخدامات طبية.
هيبان	*Lolium rigidum* Gaud	Gramineae	متوسـط الـتحمل للملوحـة. يصلح كمحصول علف أخضر جيد.
ثمام	*Panicum turgidum* Forssk	Gramineae	عـالى الـتحمل للملوحة، محصول علف ينمو برياً وله أصناف منزرعة وذو استخدامات طبية.
حلفا	*Sporobolus spicatus* Vahl	Gramineae	عالى التحمل للملوحة. يصلح للرعى كمحصول علف.
سلَم	*Acacia ehrenbergiana* Hayne	Leguminosae	متوسـط الـتحمل للملوحة، شجيرة تسـتخدم للـرعى، والوقود والزينة وعديد من الاستخدامات الطبية.
عنبر أو فتنة	*Acacia farnesiana* L.	Leguminosae	متوسـط الـتحمل للملوحة ، شجرة تصلح للرعى والوقود والزينة وعديد من الاستخدامات الطبية.

تابع جـــــدول (1 – 10)

سنط أو قرظ	*Acacia nilotica* L.	Leguminosae	عالى التحمل للملوحة ، شجرة تصلح للرعى والوقود والزينة ، وعديد من الاستخدامات الطبية .
سمر	*Acacia tortilis* Forssk.	Leguminosae	عالى التحمل للملوحة ، شجرة تصلح للـــرعى والوقود والزينة وعديد من الأغراض الطبية.
لبخ	*Albizia lebbeck* L	Leguminosae	عالى التحمل للملوحة، شجرة تصلح لـــتغذية الحـــيوانات والوقود والزينة وعديد من الأغراض الطبية.
عشرج أو عشرق	*Cassia italica* Mill	Leguminosae	متوســـط الـــتحمل للملوحة ، يصلح للرعى يستخدم فى الطب الشعبى.
خبيزة	*Malva parviflora* L	Malvaceae	متوســـط الـــتحمل للملوحة . عشب يصلح للرعى.
نيم	*Azadirachta indica* Juss	Malvaceae	أشجار عالية التحمل للملوحة تستخدم فى الطب الشعبى.
لسان الحمل	*Plantago boissieri* Hausskn	Plantaginaceae	متوســـط الـــتحمل للملوحة ، عشب يصـــلح للـــرعى و له عديـــد من الاستخدامات فى الطب الشعبى.
أبل	*Calligonum crinitum* Boiss	Polygonaceae	عـــالى الـــتحمل للملوحـــة. يستخدم للـــرعى ويصلح كوقود وللزينة وفى أغراض الطب الشعبى .
رجلة	*Portulaca oleracea* L	Portulaceae	نبات عشبى ، عالى التحمل للملوحة، يصـــلح للرعى والأكل وفى أغراض الطب الشعبى .
مسواك	*Salvadora persica* L	Salvadoraceae	شـــديدة التحمل للملوحة(ماء البحر) ويصـــلح لـــرعى الجمال والماعز. تصـــلح ثمـــاره للأكل ويستخدم فى الزينة. وله استخدامات طبية.

(عن : Karim and Dakheel, 2006)

الباب الثاني

كيف تقاوم النباتات ظروف الملوحة

طبيعة وميكانيكية مقاومة النباتات للملوحة

Nature and Mechanism of Plant Resistance to Salinity

يوجـــد عديـــد مـــن الميكانيكيات المسئولة عن أقلمة نباتات المحاصيل لظروف الملوحة ، والتى تمكن النباتات من تحمل تركيزات عالية من الملح فى بـــروتوبلازم الخلايا وهذه الميكانيكيات هى التى تميز النباتات المتحملة للملوحة و/ أو الملحـــية Halophytes عـــن النـــباتات غير الملحية Glycophytes . وعموماً يوجد ست ميكانيكيات مسئولة عن الأقلمة للملوحة فى نباتات المحاصيل كما ذكرها **Polgakoff-Mayber and Lerner (1999)** هى :

1- القدرة على تجميع أو إستبعاد الأيونات إختيارياً .

2- الـــتحكم فـــى إمتصـــاص الأيونات بواسطة الجذور والانتقال إلى المجموع الخضرى والأوراق .

3- إختيارية الخشب فى تحرير والتخلص من الأملاح .

4- الـــدور الفســـيولوجى لـــتراكم وتجميع الأيونات فى عملية الضبط الأسموزى .

5- تجزئ الأيونات على المستوى الخلوى وعلى مستوى النبات الكامل

6- تراكم الذائبات المتوافقة مثل البرولين ودوره فى تحمل الملوحة .

ويمكـن وضع الميكانيكيات المسئولة عن أقلمة النبات لظروف الملوحة تحت الأقسام الأتية :

أولاً : مقاومة الملوحة Salinity resistance

يقصـد بالمقاومـة للملوحة ، قدرة النبات على النمو الطبيعي في وجود الأمـلاح بفعـل الجهد المتزن الذي يبذله النبات في إستخلاص حاجته من الماء والعناصـر الغذائية والذي يجعله أقدر على الأقلمة مع ظروف الإجهاد الملحى ومجابهـة التركـيزات العالية من أيونات الأملاح ، بل والتغلب على تأثيراتها السـامة على ميتابوليزم النبات . ويستخدم مصطلح المقاومة ليدل على المقاومة الحقيقـية للسـيتوبلازم ، لوصـف جميع الميكانيكيات التي تعطي النبات ميزة إنتخابية تحت ظروف الملوحة.

وتـرجع المقاومـة إلى التأثر المشترك لكل من تجنب وتحمل الملوحة. وعلـى مسـتوي مـزارع الأنسجة ، تعرف المقاومة للملوحة بقدرة الخلايا أو النباتات على النمو في بيئة ذات ملوحة مرتفعة بفعل الأقلمة الوراثية وثبات هذه القدرة وتوريثها إلى النسل.

وتتبايـن النـباتات كثـيراً في المقاومة للملوحة ، وأكثرها مقاومة هي **النـباتات الملحـية Halophytes** وهي النباتات التي تنمو طبيعياً في البيئات الملحية ، أي أنها ذات قدرة على البقاء والمنافسة في البيئة الملحية ومن أمثلتها نـبات الخريـزة ، الملـيح ، السـمار ، الحمـرة والطرطـير ومنها النباتات الملحـية الإجـبارية ، والنـباتات الملحـية الاختـيارية .

أمـا **النـباتات غـير الملحية Glycophytes** فهي لا تستطيع النمو جيداً في وجـود الملوحـة ، حيث تنمو جيداً وتعطى أعلى محصول فى الأراضى غير الملحـية . وتنتمى معظم محاصيل الحقل إلى هذه المجموعة وتمتاز بالاختيارية

فـــي الأراضـي عديمة الملوحة بسبب معدل نموها السريع . وغالباً ، فإن جميع أنـــواع المحاصيل تندرج تحت هذه المجموعة .غير أن هناك تبايناً في مستوى المقاومة بين أجناس وأنواع المحاصيل ، بل وفي داخل أصناف النوع الواحد . ويمـــثل ذلك أهمية كبيرة لمربي النبات في برامج تربية أصناف من المحاصيل الحقلية مقاومة للملوحة للتوسع في زراعتها في الأراضي الهامشية .

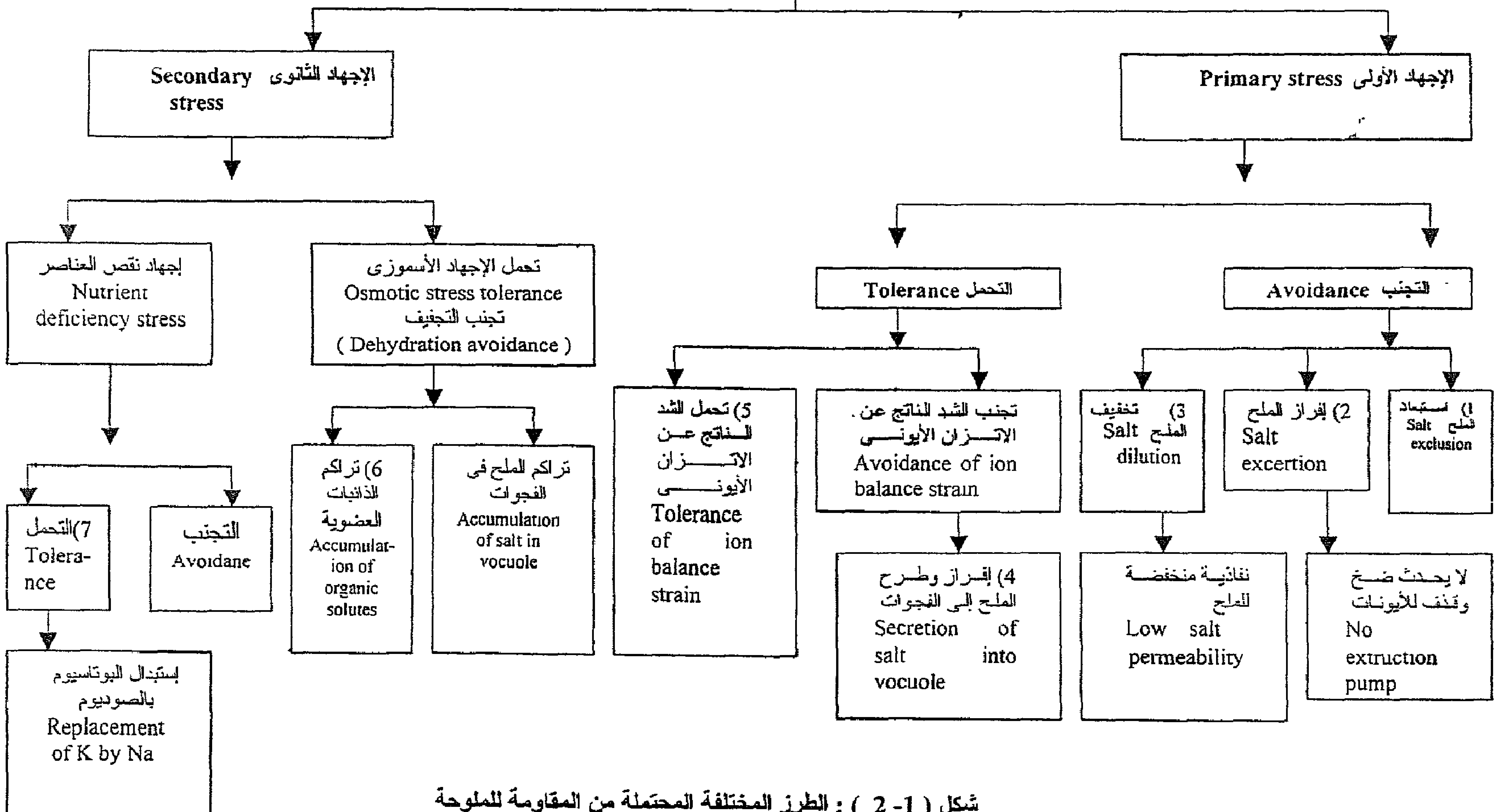
فعلـــى مستوي محاصيل الحبوب ، يعتبر الشعير أكثر مقاومة للملوحة يليه الشوفان ثم القمح ، كما تتميز محاصيل القطن والبرسيم الحجازي والبرسيم الحلو والبنجر بالمقاومة أيضا.وتتباين أنواع الجنس الواحد في مقاومتها للملوحة حيث سُجل إختلافاً بين 14 نوعاً من جنس الأجروبيرون Agropyron حسب تركيبها الوراثي ونوعية الأملاح السائدة في بيئة النمو .

وتعتـــبر نـــباتات القطن أقل مقاومة لملح كلوريد الصوديوم NaCl عن ملح كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 ، في حين تُظهر محاصيل الكتان والبقوليات والجوايـــال عكـــس ذلك ، وتعتبر كربونات الصوديوم أكثر سمية عن النوعين الآخرين.

ويوضح شكل (1-2) الطرز المختلفة المحتملة من المقاومة لظروف الملوحـــة . وعمومـــاً ، تعـــتمد ميكانيكية المقاومة للملوحة على تجنب وتحمل الملوحة.

ثانياً: تجنب الملوحة Salt avoidance

يقصـــد بهـــا قدرة النبات على تجنب أو الهروب من إجهاد الملوحة في الوســـط الـــذي يعيش فيه عن طريق تبكير أو تأخير الإنبات أو تبكير أو تأخير النضج حتى تتحسن الظروف ، وضخ أو طرد الأملاح من منطقة الجـــذور أو

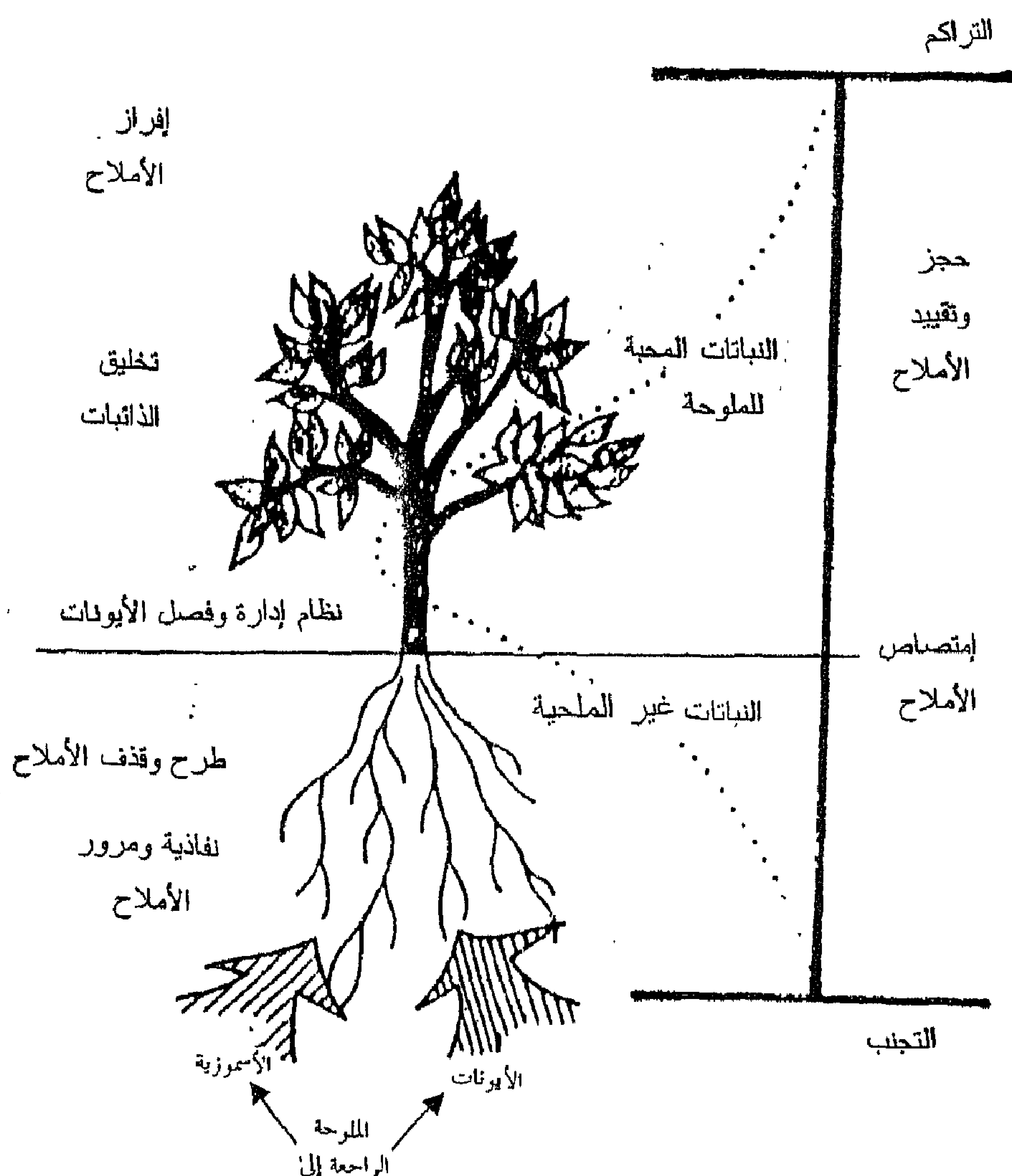


شكل (1- 2) : الطرز المختلفة المحتملة من المقاومة للملوحة

هــروب نمــو الجذور إلى المساحات غير الملحية ، وإفراز الملح من أعضاء خاصة مثل الغدد والشعيرات الملحية أو التخزين في الأوراق القديمة . ويوضح (شكل 1-3) سلوك النبات تحت تأثير إجهاد الملوحة . وعموما فإن هناك عدة آليات تساعد النبات في تجنب الملوحة من أهمها ما يلي :-

أ- الاستبعاد السلبي للأملاح. ب- الطرح أو القذف النشط للأملاح.

جـــ- تخفيف الأملاح الداخلة.



شكل (1-3) سلوك النبات تحت تأثير إجهاد الملوحة

(عن ، Shannon , 1997)

أ- الاستبعاد Exclution

يقـــوم النـــبات باســـتبعاد أيونات الأملاح الضارة مثل الصوديوم Na^+ والكلوريـــد Cl^- أو كليهما من الوصول إلى النموات الخضرية من خلال أنظمة فيزيائـــية وكيميائية خاصة . ومن هذه الوسائل إفراز الصوديوم من الجذور إلى الـــتربة مرة أخرى ، وقيام خلايا متخصصة في بارنشيمة الخشب بالامتصاص. ويتوقف ذلك على التوازن (حوالي 10 : 1) بين الكاتيونات إحادية التكافؤ Na^+ , K^+ وثنائـــية الـــتكافؤ Ca^{2+} ، فعـــندما يختل هذا التوازن مع زيادة مستوى الكاتيونات أحادية التكافؤ ، تزداد النفاذية وتضار نباتات الأنواع الحساسة ، بينما تتميز نباتات الأنواع المتجنبة للملوحة بوسيلة الاستبعاد ، بنفاذيه منخفضة لأيون الصوديوم Na^+ في وجود تركيزات الملوحة العالية.

وتعتـــبر صفة الاختيارية وسيلة هامة لتجنب الضرر ، فتستطيع الخلايا المســـتبعدة للملح المحافظة على الاتزان الطبيعي فى وجود تركيزات عالية من الكاتـــيونات أحاديـــة التكافؤ ، وربما تفضيل مرور أيون البوتاسيوم Ka^+ عن الصـــوديوم Na^+ عبر الغشاء البلازمي والتونوبلاست . ولقد وجد **Boursier and Läuchli (1990)** مســـتوي عالـــي من أيون البوتاسيوم k^+ في أوراق نـــباتات الذرة الرفيعة المعرضة لظروف الإجهاد الملحي ، حيث يتفاعل كايون مضاد Counter ion للتركيز العالي من الكلوريد Cl^-.

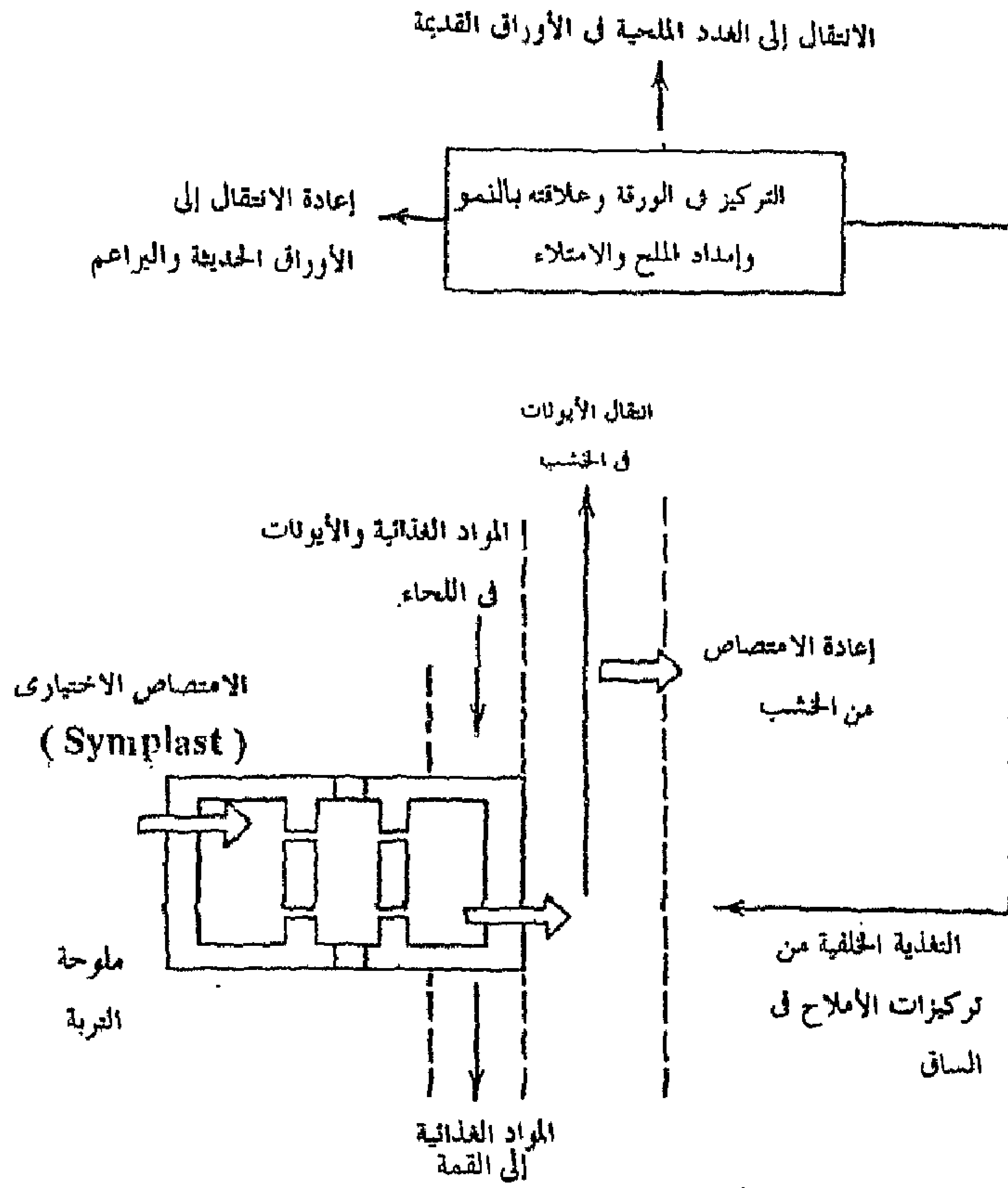
وترتـــبط عملـــية إســـتبعاد الأيونات مع مقاومة الملوحة في عديد من أصـــناف المحاصيل ، فتتميز أصناف الشعير الأكثر مقاومة للملوحة بتراكم أقل لأيونـــات الصـــوديوم Na^+ والكلوريد Cl^- وبمحتوى أعلى من البوتاسيوم K^+ مقارنة بالأصناف الأقل مقاومة .

وتشـــير الدراسات التى أجريت على المجموع الجذرى للشعير ونباتاته السـليمة كمـا يوضحـه شـكل (4-1) إلـى إحتواء البروتوبلازما الحية Symplast على أيونات البوتاسيوم K^+ والصوديوم Na^+ ، مع درجة أعلى من الاختـيارية للبوتاسيوم K^+ عـن الصـوديوم Na^+ . وتـتفاعل خلايا طبقة الأندودرمس كحاجـز للأملاح في المجموع الخلوى غير الحى Apoplast ، الأمـر الـذى يؤثر على نسبة K^+ : Na^+ فى البروتوبلازم والخشب . وتُظهر نـباتات الشـعير و غيره من النباتات المتحملة القدرة على إعادة إمتصاص أيون البوتاسيوم أو الصوديوم من الخشب إلى بارنشيمة الخشب أو إستبعاد الصوديوم نهائياً ،مما يؤدى إلى خفض المحتوى الكلى من الأملاح .

وتتمـيز أكثر الأنواع المحبة للملوحة مثل *Agropyron elongatum* بالقدرة على إستبعاد أيونات الصوديوم والكلوريد من المجموع الخضري ، ومن ثـم بمحـتوى منخفض من الصوديوم والكلوريد مقارنةً بالأنواع عالية المقاومة مـثل الشـعير عـند زراعتها في البيئات الملحية . وتقاوم نباتات عباد الشمس الـتابعة للـنوع *Helianthus bolandei* الملوحـة عن طريق إستبعاد أيون الماغنسيوم Mg^{2+}.

ويعتـبر إسـتبعاد أمـلاح الصوديوم والكلوريد من القمم النامية للنبات والأوراق العلوية من الوظائف التخصصية والتي شوهدت في عديد من النباتات الراقية مثل الشعير وفول الصويا والبرسيم الحجازي والطماطم.

كمـا تسـتطيع بعـض أصناف المحاصيل تجنب الملوحة عن طريق إختـيارية امتصـاص البوتاسـيوم وإستبعاد الصوديوم ، أو عن طريق زيادة الغضاضة Succulent حيث يزداد حجم الخلايا البارنشيمية نتيجة زيادة محتوى



شكل (1-4) : العمليات المسئولة عن إمتصاص وتوزيع الأملاح والتفاعلات المحددة للتركيزات في النبات ، وإعادة الامتصاص من الخشب وإنتقال البوتاسيوم إلى الجذور في الشعير (عن : Pitman , 1984).

المـاء والذي يحد من إرتفاع تركيز الأملاح في العصير الخلوي كما في نبات القطف . كما يمثل زيادة إنتاج المادة الجافة دوراً هاما في تجنب الملوحة.

ب- الطرح أو الإفراز النشط للملح Extrude

تعتبر عملية الطرد الأيوني أحد الآليات المحددة للتباين بين الأصناف الحساسة وتلك التي تتحمل الملوحة ، ويتطلب ذلك مضخة لطرد الأيونات . فقد لاحظ كل من **Pitman and Saddler (1967)** وجود مضخات Pumps داخلية للبوتاسيوم K^+ والكلوريد Cl^- ومضخة خارجية للصوديوم Na^+ في الصفيحة الوسطي لجذور الشعير . وتستمر عملية طرد الأيونات بصورة فعالة مع وجود تركيزات عالية من الملح في الوسط الخارجي.

جـ- تخفيف الأملاح الداخلة Dilution :

توجـد هـذه الميكانيكية فى الأنواع عالية ومتوسطة التحمل للملوحة ، حيـث لوحظت فى الشعير وبعض المحاصيل الأخرى . ويعتمد تجنب الملوحة الـراجع إلـى تأثير التخفيف على غضاضة Succulent أنسجة النبات ووجود كمـية مـن الماء تساعد فى المحافظة على مرونة ومطاطية جدر الخلايا ، بما يسـمح باسـتمرار تمددهـا . كما يساعد النمو السريع وإمتصاص الماء بالقدر الكافـي فى عمل توازن مع أي زيادة للملح في الخلية وتخفيف تركيز الأملاح وخفض تأثيراتها الضارة على النبات.

ثالثاً: تحمل الملوحة Salt tolerance

يقصد بتحمل الملوحة قدرة الصنف المحصولي على الاحتمال أو الإطاقة أو التحمل والبقاء حيا ومنع أو خفض و التغلب على التأثيرات الضارة للأملاح الذائبة الموجودة في منطقة إنتشار الجذور . ولقد ربط **Levitt** (1980) تحمل الملوحة مع غياب التأثيرات السلبية للأملاح على نمو النبات نتيجة تجمع الملح في الأنسجة.

ويذهب البعض إلى تعريف تحمل الملوحة ، على أنه النمو الثابت للنبات في بيئة كلوريد الصوديوم أو في توليفة من الأملاح.

وتعتمد ميكانيكية تحمل النبات للملوحة على الصفات النباتية الفسيولوجية والكيمو حيوية والتي يمكن تقسيمها إلى الآليات الأتية :

1- إستبعاد جزئي للأيونات الزائدة في مجال إنتشار الجذور.

2- إحتواء الأيونات بامتصاصها في فجوات وتراكمها في صورة مركبات ذائبة في السيتوبلازم.

3- حجز وفصل Sequester أيون الصوديوم Na^+ السائد فى الجذور والسيقان وأغماد الأوراق خارج الأنسجة كميكانيكية للتحمل فى الذرة الرفيعة :

4- نقص تدفق Influx أيونات الكلوريد Cl^- والصوديوم Na^+ عند الغشاء البلازمى لخلايا الجذور ، وإعادة حركته من الأوراق إلى الجذور وخروجه إلى الوسط المحيط .

5- حدوث عملية تجزئ Partitioning لكاتيونات البوتاسيوم K^+ والكالسيوم Ca^{2+} والماغنسيوم Mg^{2+} فى أنسجة النبات .

ولعل من أهم الصفات المرتبطة بتحمل الملوحة ، الضغط الاسموزي والمكونات الكيميائية ونسبة الصوديوم : البوتاسيوم ونسبة الأوراق : السيقان . ويقاس تحمل الملوحة بقدر النبات على البقاء حياً في الحقل كمعيار يستخدمه المربي في فرز وغربلة السلالات ، بينما يعتبر محصول النبات معياراً حقيقياً لتحمل الملوحة ، وتشمل ميكانيكية التحمل على الطرز الآتي ذكرها :

أ- ميكانيكية تحمل الإجهاد الاسموزي

Osmotic stress tolerance mechanism

يعتبر الإجهاد الاسموزى أحد طرز الإجهاد الراجع إلى نقص الماء ، حيث تتعرض أوراق النباتات الصحراوية المحبة للملوحة مثل *Reaumuria hirtella* إلى شد رطوبي عالي ، يصل إلى 180 ، 240 و 320 بار . وتتميز الأوراق في هذه الحالة ، بمقاومة فقد الماء وبقاء الخلايا في حالة إمتلاء للمحافظة على النمو وبذا يمكنها تحمل أثر التجفيف . وعند تعرض النبات لإجهاد ملحي قوي فإنه يقوم باستعادة حالة إمتلاء الخلايا إما عن طريق إمتصاص الملح أو بزيادة تركيز الذائبات العضوية.

وتحتاج ميكانيكية التحمل الاسموزي إلى نظام تخصصي عالي للتونوبلاست قادر على الإفراز السريع للملح الموجود في البروتوبلازم إلى الفجوات عن طريق الانتقال النشط ، وضبط عملية إختيارية نفاذ الأيونات لمنع الانتشار الخلفي Back diffusion إلى البروتوبلاست . وتبدو هذه العملية أكثر تعقيداً في النباتات الراقية ، نتيجة مسافات الانتقال الكبيرة من الجذر إلى قمة النبات ، فيرجع الفرق بين بنجر السكر والذرة الشامية في معدل إمتصاص وإنتقال أيون الصوديوم Na^+ إلى إرتفاع معدل الامتصاص في الأصناف الأكثر تحملاً من بنجر السكر مقارنة بالذرة الشامية ، في حين يكون الانتقال ببطء شديد من الجذر إلى الساق في الذرة الشامية ، ولم يكتشف حدوث العكس . كما يعتمد نظام الانتقال في سيمبلازم خلايا الجذور واللحاء إلى تفضيل إمتصاص الصوديوم في بنجر السكر عن الذرة الشامية.

وقد تراوحت قيم الاسموزية في بعض الأعشاب المحبة للملوحة من 25-75 ضغط جوى في حالة الزراعة في البيئة الملحية . ويرجع الضبط الاسموزي بصفة أساسية إلى إمتصاص الصوديوم Na^+ . فعلي الرغم من أن معظم النباتات تمتص نفس الكمية تقريباً من البوتاسيوم K^+ الموجود في بيئة الجذور ، فتستطيع النباتات الراقية المحبة للملوحة أن تمتص مقدار الضعف من أيون الصوديوم كبديل عن البوتاسيوم ويفسر ذلك التأثير التثبيطي لأملاح الصوديوم على نشاط أنزيم ATPase في النباتات المحبة للملوحة والتأثير التنشيطي للملح في النباتات غير الملحية ، حيث يمثل هذا الأنزيم جزء من مضخة الأيون التي تفرز أيون Na^+ من وتمتص أيون K^+ إلى الخلايا في كل من النباتات غير الملحية والمحبة للملوحة . وتؤدي عملية تثبيط الضخ إلى تثبيط نشاط إمتصاص البوتاسيوم K^+ ، ومن ثم تكون النباتات المحبة للملوحة أقدر

على الاستفادة من الامتصاص السلبي للصوديوم Na^+ في حالة نقص إمتصاص البوتاسيوم K^+ من الوسط المحيط.

ولقد أظهرت الدراسات أن الضغوط الاسموزية تؤدي إلى تغيرات جوهرية في السكريات والأحماض الأمينية والبروتينات والقواعد المكونة للنيوكليوتيدات وتخليق الأحماض النووية ومركبات الطاقة ، كما تؤدي إلى حدوث تغيرات في شفرة البولي نيوكليوتيدات بما يساعد في تفاعلات الأقلمة ، بالعمل كبوادئ Primers للحمض النووي الريبوزي رنا إعتماداً على نشاط إنزيم RNA-polymerase .

ب- ميكانيكية تحمل الإجهاد الأولى (الأساسي) للملوحة

Primary salt stress tolerance mechanism

تعتمد ميكانيكية تحمل الإجهاد الأولي للملوحة على قدرة النبات على توظيف الطاقة فى الحفاظ على التوازن بين البوتاسيوم : الصوديوم وتجنب الشد الناتج عن الاتزان الأيوني عن طريق إفراز الملح الممتص فى الفجوات ، وعلى قدرة النبات على تحمل هذا الإجهاد من خلال وجود مواد بروتوبلازمية وتراكيب وأعضاء قادرة على المحافظة على الخصائص الطبيعية في وجود الملوحة . ويعتبر التغير في عمليات الأيض أحد المواءمات الهامة في تحمل الملوحة . ويسهم ثبات الغشاء الخلوي ونشاط إنزيم Diamino oxidase في ثبات ومنع تكسير البروتينات تحت ظروف الملوحة.كما تعتبر خصائص المجموع الجذري غزير النمو القادر على إستخلاص الماء من المناطق المنخفضة في محتواها من الأملاح مكون هام في هذا الشأن.

جـــ- ميكانيكية تحمل الإجهاد الثانوى للملوحة Secondary salt stress tolerance mechanism

يـتولد هـذا النوع من الإجهاد نتيجة تعرض النبات فى بيئة النمو لأحد عوامـل الإجهاد البيئي غير الحيوى ، مما يترتب عليه معاناة النبات من ضرر آخـر يطلـق عليه الإجهاد الثانوى . فعلى سبيل المثال ، يؤدى تعرض النبات لإجهـاد الملوحـة إلـى حث نقص عديد من العناصر الغذائية ، نتيجة استبدال العنصـر الغذائـى الناقص بالعنصر الممتص الزائد فى البيئة . كما يتولد هذا النوع من الإجهاد الثانوى نتيجة تعرض النبات لظروف الجفاف ونقص الماء ، الأمـر الـذى يترتـب عليه عدم قدرة النبات على إمتصاص العناصر الغذائية وظهور أعراض نقص التغذية.

وتعـتمد آلـية تحمل النبات للإجهاد الثانوى على قدرة نبات المحصول على تحمل التأثيرات الثانوية الناتجة عن ظروف الإجهاد فى بيئة النمو .

الأهمية النسبية لتجنب وتحمل الملوحة :

يعتـبر التجنب ميكانيكية كافية للنبات في غياب التحمل . وعموماً يمكن تلخيص أهمية ميكانيكيتى التجنب والتحمل فيما يلي :

1- تجنـب الملوحـة يـرجع إلى إستبعاد الملح ومن ثم إلى النفاذية المنخفضة لامتصاص الملح.

2- تجنـب الملوحـة يعـزي إلى إفراز الملح بميكانيكية مضخة القذف النشط للأيونـات ، ويؤدي هذا إلى مقاومة النبات للإجهاد الأولى والثانوي والذي يرجع إلى نقص العناصر.

3- تجنب الملوحة يرجع إلى التخفيف ويعتمد على المرونة العالية لجدر الخلايا.

4- تحمل الإجهاد الأولى للملوحة يرجع إلى تجنب إجهاد الاتزان الأيوني والذي يصاحبه إفراز الأيونات الزيادة الممتصة من البروتوبلازم إلى الفجوات. وتعتبر هذه الميكانيكية كافية لتحمل الإجهاد الاسموزي الثانوي المستحث ، بالمساعدة على المحافظة على إمتلاء الخلايا.

5- تحمل الإجهاد الأولى للملوحة يرجع إلى تحمل إجهاد الاتزان الأيوني حيث تتميز التراكيب البروتوبلازمية والمواد الموجودة في الخلية بخصائص معينة تسمح بالأداء الوظيفي الطبيعي تحت ظروف زيادة تركيز الأيونات والتغير في الاتزان الأيوني.

6- تحمل الملوحة لضرر الإجهاد الثانوي يرجع إلى تراكم الذائبات العضوية.

7- تحمل الملوحة للضرر الثانوي والراجع إلى نقص العناصر المتحث بالملوحة يرجع إلى إستبدال النبات للعنصر المغذي الناقص بالعنصر الممتص الزائد ، على سبيل المثال إستبدال البوتاسيوم بالصوديوم.

الباب الثالث

أسس مقاومة المحاصيل للملوحة
Fundamentals of Crop Resistance to Salinity
الصفات النباتية والمعايير الانتخابية
Plant Characters and Selection Criteria

يعتبر فهم الأسس المورفوفسيولوجية والكيموحيوية التى تحدد إستجابة التراكيب الوراثية لظروف البيئة القاسية والانتخاب لها ، من الأمور الهامة في تحسين تحمل المحاصيل لظروف الملوحة .

ولقـــد حبا الله سبحانه وتعالى النبات بهذه الصفات والتى تعتبر إنعكاساً للتركيـــب الوراثي ، وتعمل هذه الصفات جميعها في منظومة واحدة فى إتساق تام، بحيث ينعكس فعلها على متوسط أداء النبات تحت ظروف الملوحة .

ويعمـــد المـــربى فـــى برامج التربية إلى تقدير تلك الدلائل ، مع عمل الارتباطات المظهرية والوراثية وتقدير معامل لتوريث وفهم طبيعة الفعل الجيني ونظـــام التحكم الوراثي ، حتى يتسنى له تطوير أصناف جديدة تتحمل ظروف الملوحة.

ويعتبر التقدم في التربية لتحمل الملوحة بطيئاً ويرجع ذلك لتعقيد وراثتها ووجود عديد من الصفات المسئولة بالإضافة إلى التأثير القوى للتأثيرات البيئية.

وتجـــدر الإشارة ، إلى أن عملية إستنباط أصناف من المحاصيل الحقلية تتحمل الملوحة تمر بمراحل بطيئة ، الأمر الذي حذا بعلماء الفسيولوجي وتربية النـــبات والبيوتكنولوجـــي إلـــى دراسة وفهم الميكانيكيات المسئولة عن تحمل الملوحة وأفضل الطرق لتوظيفها في الحاضر والمستقبل .

ووفقاً لما ذكره Epstien (1983) فإنه توجد ثلاث متطلبات رئيسية لإمكان إستنباط أصناف تتحمل الملوحة وهي :-

1- توفـر الاخـتلافات الوراثية المناسبة بين أصناف الأنواع النباتية وأقاربها البرية Wild relatives . وتعتبر عمليات الحصر الشامل للنباتات البرية المتحملة للملوحة والمحافظة عليها في بنوك الجينات من الأهمية بمكان.

2- وجـود طريقة لغربلة Screening الأعداد الكبيرة من التراكيب والأصول الوراثـية لـتحمل الملوحة.وعموما فإن مميزات وعيوب الطرق المختلفة لغـربلة المـواد الوراثـية ودراسة تحمل الملوحة تحت الظروف الحقلية والظروف المتحكم فيها قد نوقشت من قبل عديد من الباحثين .

3- توفـر المعايـير الانتخابية والتي يمكن بها التعرف على التراكيب الوراثية المتحملة للملوحة من بين العدد الكبير من العشائر الانعزالية .

وفـيما يلـي المعايير الانتخابية التي يمكن أن تساعد مربي النبات في برامج إستنباط أصناف تتحمل الملوحة :

أولا: الصفات المورفولوجية Morphological characters

1- خصائص الورقة Leaf properties

يتأثر محتوى الكلوروفيل ومساحة الورقة وبقاؤها خضراء ومن ثم معدل التمثـيل الضـوئي بظـروف الملوحـة . وتنفرد الأصناف المتحملة للملوحة بخصائص جيدة للورقة ، فكانت أصناف وسلالات القمح ياكورا روجو وسلالة 1 وسلالة 3 المتحملة للملوحة مرتفعة في محتوى كلوروفيل أ + ب (Sallam and Afiah , 1998) . وكذلـك الحال في نباتات الدخان المعدلة وراثياً والتي تمـيزت بمحـتوى مـرتفع مـن الكلوروفـيل تحـت ظـروف الملوحـة

(Sumesh *et al.*, , 2003) . إلا أن **Udovenko** ومســاعدوه **(1974)** أوضـــحوا أن التغير في محتوى صبغات التمثيل الضوئي إستجابة للملوحة كان غير منتظم في أوراق النبات.

وتسهم صفة دليل مساحة الورقة في معظم التباين الحادث في محصول الأصناف تحت ظروف الملوحة ، وقد سجل **Zeng ومساعدوه (2003)** إرتباطاً موجباً ومعنوياً بين دليل مساحة الورقة والمحصول ومكوناته في الأرز في جميع التراكيب الوراثية المتحملة والحساسة للملوحة.

ويعتـــبر زيـــادة عدد الأوراق الخضراء عند الحصاد وتأخر الشيخوخة مـــن الصفـــات الفريـــدة التي تمكن النبات من تحمل ظروف الملوحة . فقد تمـــيزت آباء الذرة الرفيعة ICSA-88015 ، ICSA-47 ، ICSA-14 والهجن ICSA-14 x ICSR-91022 و ICSA-88015 × ICSR-91022 بـــزيادة عدد الأوراق الخضراء القادرة على البقاء حتى الحصاد عن 11 ورقة **(EL-Menshawi *et al.* , 2003)**.

وقـــد سجلت أصناف قصب السكر ذات التجزئ العالي للمادة الجافة في الأوراق المســـنة أقـــل نقص في محصول المادة الجافة ودرجة أعلى من تحمل إجهاد الصوديوم ، بينما سجلت الأصناف الحساسة إتجاه معاكس **(Dwivedi, 1994)**.

2- المجموع الجذري Root system

يعتـــبر الجـــذر عاملاً محدداً لتحمل التراكيب الوراثية لعوامل الإجهاد المخـــتلفة . ويتوقف نمو الجذور على كمية الماء الممتصة من التربة ، فتتميز أصـــناف المحاصيل ذات المجموع الجذري القوى بالقدرة على إمتصاص الماء

من التربة بما يحافظ على التوازن المائي داخل النبات وبالطبع ينعكس ذلك على كمية المحصول.

وتتباين أصناف المحاصيل في طبيعة نمو وتطور وتوزيع الجذور وقوة وتعمـق المجموع الجذري . فيعتبر عدد الجذور الجنينية وعدد الجذور التاجية وتوزيعهـا فـي محصـول مثل القمح ، من المعايير الانتخابية لتحمل الجفاف والملوحة ، وترتبط هذه الصفات مع قدرة النباتات على البقاء وإعطاء محصول تحت ظروف البيئة القاسية . فقد أُعزى المحصول العالي لأفضل أصناف القمح الشـتوى إلـى الانتخاب المستمر لقوة المجموع الجذري **(Zelenskii and Neboka , 1971)** .

ويعتبر النمو الجذري الجيد في الذرة الشامية تحت ظروف الملوحة أحد ميكانيكـيات المقاومـة مـن خـلال المحافظة على التنظيم الاسموزي للخلايا **(Maiti *et al.*, 1996)** . كما يعتبر الإنتخاب للوزن الجاف للمجموع الجذري والمجموع الخضري وحجم الجذر وطول جذر البادرة من المؤشرات الهامة في بـرامج غـربلة تراكيـب الذرة الرفيعة لتحمل الملوحة في مرحلة البادرة قبل إختبارات تقييم المحصول تحت الظروف الحقلية **(Hassanein *et al.*,1993)**.

ولقـد لعب التركيب التشريحي للجذر دوراً هاماً في تحمل الملوحة في قصب السكر ، إذ تميزت الأصناف المتحملة بجذور عالية المسامية وعدد أكبر مـن البارانشـيما الهوائـية مقارنـة بالأصـناف الحساسـة . وقـد إستخدم **Dwivedi (2000)** هـذه الخاصـية في غربلة جيربلازم قصب السكر لتحمل إجهاد الأراضي الصودية.

3- نسبة وزن المجموع الجذري : الخضري Shoot: root ratio

تؤدي الملوحة إلى التأثير على نمو المجموع الخضري بدرجة أكبر من التأثير على نمو المجموع الجذري . ويعتمد نمو وامتداد الجذور كما هو الحال في إستطالة السيقان على ضغط إمتلاء الخلايا . وتعتبر الجذور الجانبية الرفيعة الصغيرة أكثر حساسية للملوحة من الجذور القديمة السميكة للنظام الجذري الأصلي .

ولقد تباينت أصناف القمح في درجة تحملها للملوحة تحت تأثير مستويات 10 ، 15 ، 20 ، 25 ملليموز / سم ، وأظهرت الأصناف المتحملة أقل نقص معنوى في نسبة تكشف البادرات وطول البادرة والوزن الجاف للمجموع الخضري وطول الجذر ووزنه الجاف مقارنة بالأصناف الحساسة (**Raiz** ***et al.*****, 1998**) . كما إرتبطت نسبة وزن المجموع الخضرى : المجموع الجذري مع قوة البادرات عمر 30 يوم في الأرز تحت ظروف الملوحة (**Zayed** ***et al.*****, 2004a**) .

وتشير هذه النتائج إلى أهمية الأخذ فى الإعتبار خصائص المجموع الجذرى كمعايير إنتخابية هامة لتحمل الملوحة في برامج التربية.

ثانياً: الصفات الفسيولوجية Physiological characters

1- القدرة على الإنبات ونمو البادرات Germination and seedling growth abitity

تتباين حساسية أصناف المحاصيل في تحمل الملوحة ، كما تختلف حساسيتها باختلاف أطوار النمو . ويعتبر إنبات البذور ونمو البادرات في الوسط الملحي معياراً سواء بصفة فردية أو مع توليفة من المعايير الأخرى

لوصــف تحمــل جير مبلازم المحاصيل للملوحة ، فهي أولى المراحل الحرجة التي يتوقف عليها نجاح إنتاج المحصول تحت ظروف الإجهاد الملحي.

وتعتــبر صــفات إنـبات البذور وتكشف البادرات وقدرتها على الحياة وطول غمد الريشة من الدلائل المبكرة على تحمل الملوحة . وقد أوضحت عديد مــن الدراسات أن الملوحة يمكن أن تقلل من سرعة إنبات البذور ، بينما قد لا يكــون لها تأثير على نسبة الإنبات النهائية. وقد تُبدى نباتات المحاصيل درجة عالية من تحمل الملوحة في طور البادرة عن مراحل النمو التالية ، بينما يكون العكــس صــحيحاً في نباتات أخرى . ويكون الانتخاب عند مرحلة الإنبات ذو أهمــية في الأنواع الحساسة للملوحة عند هذه المرحلة . وتعتبر النباتات المحبة للملوحـــة Halophytes أكـــثر حساسية للملوحة عند مرحلة الإنبات ، ولذا من المفضـــل تقيـــيمها عند هذه المرحلة. وتبدو إستجابة البادرات لتأثيرات الملوحة غـــير ثابـــتة خـــلال مراحل النمو المتعاقبة ، فهي تختلف خلال مراحل النمو الخضـــري والثمرى حيث لا توجد مؤشرات فسيولوجية جيدة تفسر عدم إرتباط المقاومة للملوحة عند الإنبات بالمقاومة عند مراحل النمو المختلفة .

ويصـــر بعض الباحثين على أن تحمل الملوحة في مرحلة الإنبات هي أفضل دليل على تحمل النبات للملوحة ، لأن عدم قدرة البذور على الإنبات في وجـــود الملوحة يجعل أي قدرة محتملة لتحمل الملوحة في مراحل النمو اللاحقة عديمـــة الجدوى ، إذا زرعت النباتات في أراضي ملحية أو رويت بمياه يرتفع فيها تركيز الأملاح .

وبإجـــراء عـــد الإنبات يومياً وعلى مدى أحد عشر يوماً تحت ظروف المعمل على صنفين من القمح أحدهما تابع لقمح الخبز قصير الساق Probred والأخر من قمح الديورم D-1000 تحت مستويات ملوحة 0.6 ، 4.5 ، 8.8 ،

12.9 و 16.6 ديسـيمتر / م ، لوحظ نقص معنوى في النسبة المئوية للإنبات بلغت 50 % عند مستويات الملوحة العالية في الصنفين . وقد أظهر نوعا القمح تحمـلاً أقل للملوحة عند مرحلة الإنبات مقارنة بطور الورقة الثالثة ، وإن تميز قمـح الخـبز بمسـتوى أعلـى من التحمل عن قمح الديورم في فترة الإنبات (Francois *et al.* , 1986) ، فـي حيـن يُظهـر قصـب السـكر العكس . (Dev and Bajwa, 1972)

هـذا وقد إرتبطت قوة البادرات في الأرز بصفات عدد الجذور البيضاء للنـبات وطـول الجذر ووزن الجذر الجاف وعدد أشطاء النبات وعدد أوراق النـبات والـوزن الجاف للمجموع الخضرى وطول المجموع الخضرى ونسبة وزن المجموع الخضرى : الجذرى ، وذلك عند عمر 30 يوم من الزراعة تحت ظروف الملوحة (Zayed *et al.* , 2004a) .

وقد حُددت صفتي عدد البادرات عند تمام التكشف وعدد النباتات القادرة على البقاء حتى الحصاد في الفول البلدي كدلائل إنتخابية لتحمل الملوحة ، وكان المكافـئ الوراثي مرتفعاً للنسبة المئوية للإنبات ومنخفضاً لعدد النباتات القادرة على البقاء حتى الحصاد (Darwish *et al.*, 2003) .

2- الثغور Stomata

تمثل الثغور أهمية كبيرة في الوظائف الحيوية لتخزين الطاقة والاستفادة مـنها ، كمـا تمثل ميكانيكية للحماية بتقليل الماء المفقود عن طريق قفل الثغر حيـث يعتـبر إنغـلاق الثغر أحد أهم خطوط دفاع النبات ضد ظروف الإجهاد الملحي والجفافي.

إن قلـــة امتصـــاص أو فقـــد الماء من الخلايا الحارسة يغير من ضغط إمـــتلائها ممـــا يقلل من إنفتاح الثغر ولأن الخلايا الحارسة معرضة دائمًا للجو الخارجـــي فإنها تفقد الماء مباشرة بالبخر ، مما يقلل من ضغط الامتلاء فتنغلق الثغور بميانيكية تسمي Hydropassive closure وهذه الميانيكية تحدث حين يُفقد الماء بسرعة من الخلايا الحارسة فيتم غلق الثغر لمعادلة الماء المتحرك إلى الخلايا الحارسة من خلايا البشرة.

وهناك ميكانيكية ثانية تسمي Hydroactive closure وهي تقوم بغلق الـــثغر عندما تكون الورقة أو الجذور معرضة للإجهاد . وتعتمد هذه الميكانيكية علـــى عملـــيات الميتابوليزم في الخلايا الحارسة حيث تعتبر هذه عملية عكسية لميكانيكية فتح الثغر.

يمكـــن أن يحدث تطور للثغور تحت ظروف الانتخاب حيث أن سلوك الثغور يقع تحت تأثير التحكم الوراثي ، حيث أوضح **Quisenberry (1979)** أن ســـلوك الثغر يرتبط بكل من التباين الوراثي المضيف والسيادى وذلك على الرغم من أن كفاءة التوريث كانت منخفضة نوعاً ، إلا أن الانتخاب كان ممكناً، كما أنه لم يكن هناك تأثيرات للوراثة السيتوبلازمية.

وقـــد أظهرت الدراسات أن درجة حساسية الثغر والتناقص السريع في درجـــة التوصـــيل الـــثغري وإنخفـــاض معدل النتح خلال المراحل الأولى من الـــتعرض للملوحة كانت من سمات أصناف الأرز المتحملة للملوحة ، في حين تأخـــرت ســـلالات الأرز الحساسة للملوحة بيوم أو يومين قبل أن ينخفض فيها معنوياً معدل التبادل الغازي (**Ismail and Moradi , 2003**).

ولقـــد سُجل إرتباط موجب ومعنوي بين درجة التوصيل الثغري ومعدل التمثيل الضوئي في الذرة الرفيعة ، وأشار**Netondo** وآخرون **(2004b)** إلى

أهمـــية التوصــــيل الــثغري كعامل أساسي محدد للتمثيل الضوئي تحت إجهاد الملوحة.

وقــد وجــد أن التغيرات في معدل النتح في الفول البلدي تحت ظروف الملوحـــة تتوقف على حساسية النبات للإجهاد حيث لاحظ **Moulay (2004)** حدوث إنغلاق للثغر كتعبير عن قدرة الخلايا على إدخار الماء في ظل التغيرات في تيار مواد البناء والحاميات الاسموزية وعوامل مقاومة النبات للإجهاد.

3- محتوي الماء النسبي Relative water content

يعتبر محتوى الورقة النسبي من الماء من أفضل الدلائل على حالة الماء فــي النــبات ، حيث تعكس علاقة محتوي الماء النسبي مع حجم الخلية إلى حد كبير مدي التوازن بين الإمداد المائي للورقة ومعدل النتح تحت ظروف الإجهاد. ولقــد أوضح **Schonfeld** وآخرون **(1988)** أن محتوى الماء النسبي بالورقة يعتــبر معياراً إنتخابياً هاماً للتربية لتحمل الإجهاد المائي في القمح . كما أشار إلـــى أن محـــتوى الماء النسبي المرتفع في الورقة يعتبر ميكانيكية مقاومة أكثر منها ميكانيكية هروب من الإجهاد. ويعتقد أنه ينتج عن التنظيم الاسموزي العالي أو المرونة المنخفضة لأنسجة الصنف المقاوم للإجهاد.

وعمومـــاً تـــؤدي الملوحـــة إلى نقص معنوي في محتوى الماء النسبي بأوراق القمح ، إلا أن الأصناف تتباين في هذا الصدد ، فقد أظهر صنف القمح المـــتحمل للملوحـــة Kharchia 65 أقــل نقـــص في العلاقات المائية والنمو والمحصول مقارنة بالصنف C 306 تحت تأثير الملوحة في إشارة إلى حساسية الأخير للملوحة **(Sharma *et al.*, 1994)** .

وقد تميزت نباتات الدخان المعدلة وراثياً بمحتوى عالي من الماء النسبي نتيجة دور حمض Ectoine في المحافظة على ضغط الامتلاء ومنع فقد الماء وثبات الغشاء الخلوي تحت ظروف الملوحة (**Sumesh** ***et al.*** **, 2003**) .

4- الامتلاء النسبي Relative turgidity

يعتمد نمو الخلية على ضغط إمتلائها ، أي على قوتها الدافعة والذي يعتبر من الصفات الفسيولوجية الهامة المرتبطة بتحمل الملوحة . وتفيد تقديرات الامتلاء النسبي أو ضغط الامتلاء في قياس قدرة النبات على المحافظة على مستويات المحصول تحت ظروف الإجهاد.

وعند دراسة الاستجابات الفسيولوجية للملوحة في سلالتين منتخبتين من القمح مختلفتين في تحمل الملوحة تحت مستويين صفر و 20 % من ملوحة ماء البحر . أشار **Kingsbury وآخرون (1984)** إلى أن إمتصاص الماء قد يبدأ سريعاً بواسطة أجزاء الورقة حتى أول 2–4 ساعات (مرحلة 1) ثم يبدأ في التناقص إلى معدل أقرب إلى الثبات عند 4–6 ساعات (مرحلة 2) ثم يثبت عند 12 ساعة (جدول 1-11) ، حيث اتضح أنه في المرحلة الأولى يكون إمتصاص الماء ناتجاً عن نقص الماء في الأنسجة والذي إستمر حتى الساعة الرابعة . أما في المرحلة الثانية ، فقد أعزى إمتصاص الماء إلى إحتياجات النمو.

وتشير النتائج إلى أن كلاً من السلالتين الحساسة والمقاومة أظهرتا نفس الأداء تحت معاملة الكنترول ، حيث بلغ متوسط الامتلاء النسبي 98 % تقريباً. أما تحت معاملة الملوحة ، فقد تباين سلوك السلالتين معنوياً حيث تراوحت

جـدول (1-11) : متوسط الامتلاء النسبى لسلالات القمح الحساسة والمتحملة للملوحة النامية فى صفر و 20% من ملوحة ماء البحر .

وقت أخذ العينة(d)	سلالة حساسة للملوحة			سلالة مقاومة للملوحة			
	الكنترول[a]	20% من ماء البحر	ΔRT_1	الكنترول	20% من ماء البحر	ΔRT_2	$\Delta RT_1 - \Delta RT_2$
1	96.9	90.1	6.8	96.4	95.3	1.1	5.7
2	97.8	92.2	5.6	97.6	96.7	0.9	4.7
3	98.0	90.0	8.0	99.1	95.2	3.9	4.1
5	98.4	96.8	1.6	98.5	98.3	0.2	1.4
8	98.1	96.0	2.1	98.6	94.7	3.9	-1.8
11	98.3	93.6	4.7	98.9	96.0	2.9	1.8
Means	97.9	93.1	4.8	98.2	96.0	2.2	2.6[b]

a : زرع الكنترول فى محلول هوجلاند المعدل .

b : أجريت المقارنة باختبار t على مستويى 0.05 ، 0.01

RT : الامتلاء النسبى (عن : Kingsbury *et al.*, 1984)

درجـــة الامـــتلاء النسبي في السلالة المقاومة من 94.7 إلى 98.3 % بمتوسط 96 % وهـــي نسبة أقل قليلاً من الكنترول ، وفي نفس الوقت أعلى من السلالة الحساسة والتي تراوح مداها من 90 إلى 96.8% بمتوسط 93.10% . ولوحظ أن التباين في سلوك السلالة الحساسة ، قد أعزى إلى القيم المنخفضة خلال الأيام الثلاثة الأولى من التقدير.

وتـــدل هـــذه النـــتائج على أن النبات الذي يبدأ يومه بنقص في ضغط الامـــتلاء أو نقص عن الامتلاء الكامل ، يمكن أن يعاني من نقص مبكر وكبير في الماء في ذلك اليوم ، ويؤدى ذلك إلى إنخفاض نشاط التمثيل الضوئي نتيجة زيـــادة المقاومـــة الثغرية . وقد ثبت مما سبق أن السلالة المقاومة تقوم بعملية

التنظيم الاسموزى بسرعة تحت ظروف الإجهاد الملحي عما هو في السلالة الحساسة.

5- التنظيم الاسموزي Osmotic adjustment

تعتبر القدرة على التنظيم الاسموزي مكون هام في مقاومة التراكيب الوراثية للملوحة ومعياراً إنتخابياً لتحمل ظروف الإجهاد في المحاصيل الحقلية. ومن المعروف أن تراكم الأملاح في التربة يؤثر على الحالة الفسيولوجية للنبات، حيث ينخفض الجهد المائي (Ψ_w) والجهد الاسموزي (Ψ_p) لخلايا النبات . وتستطيع أصناف المحاصيل المقاومة للملوحة أن تؤمن نفسها إسموزياً بزيادة تركيز الذائبات العضوية مثل البرولين والجليسين بيتين والكربوهيدرات إلى جانب البوتاسيوم والعناصر الغذائية الأخرى لزيادة قدرة الخلايا على الضبط الاسموزي.

والتنظيم الاسموزي هو العملية التي يمكن عن طريقها ضبط الجهد المائى لخلايا النبات دون أن يصاحب ذلك إنخفاض فى انتفاخ الخلية .

وقد عرفه **Taiz and Zeiger (1991)** بأنه الزيادة الصافية فى محتوى الخلية بغض النظر عن التغيرات فى الحجم التى تنتج عن فقد الماء ، حيث يحدث خلال تعرض الخلايا لنقص الماء زيادة فى تركيز الذائبات فى العصير الخلوى لإحداث التنظيم الإسموزى .

ويحدث التغير فى الجهد المائى للأنسجة نتيجة التغير فى جهد المحلول (Ψ_s) والجهد الاسموزي (Ψ_p) ، ويتضح ذلك من المعادلة :

$$(\Psi_w) = (\Psi_s) + (\Psi_p)$$

وتحافظ أوراق السلالات التي لها القدرة على التوازن الاسموزي على إنتفاخ الخلايا في الجهود المائية المنخفضة عن أوراق السلالات التي تفتقد إلى

هـذه القـدرة . وتـؤدي المحافظـة على حالة الانتفاخ إلى تمكين الخلايا من الاسـتمرار في النمو والاستطالة وزيادة درجة التوصيل الثغري تحت ظروف الإجهاد.

ويمكن أيضا أن يحدث التنظيم الاسموزي في مرستيمات الجذور ، مما يسـاعد علـى الحفاظ على إنتفاخ الخلايا وإستمرار نمو الجذور وزيادة قدرتها على إستخلاص الماء من التربة.

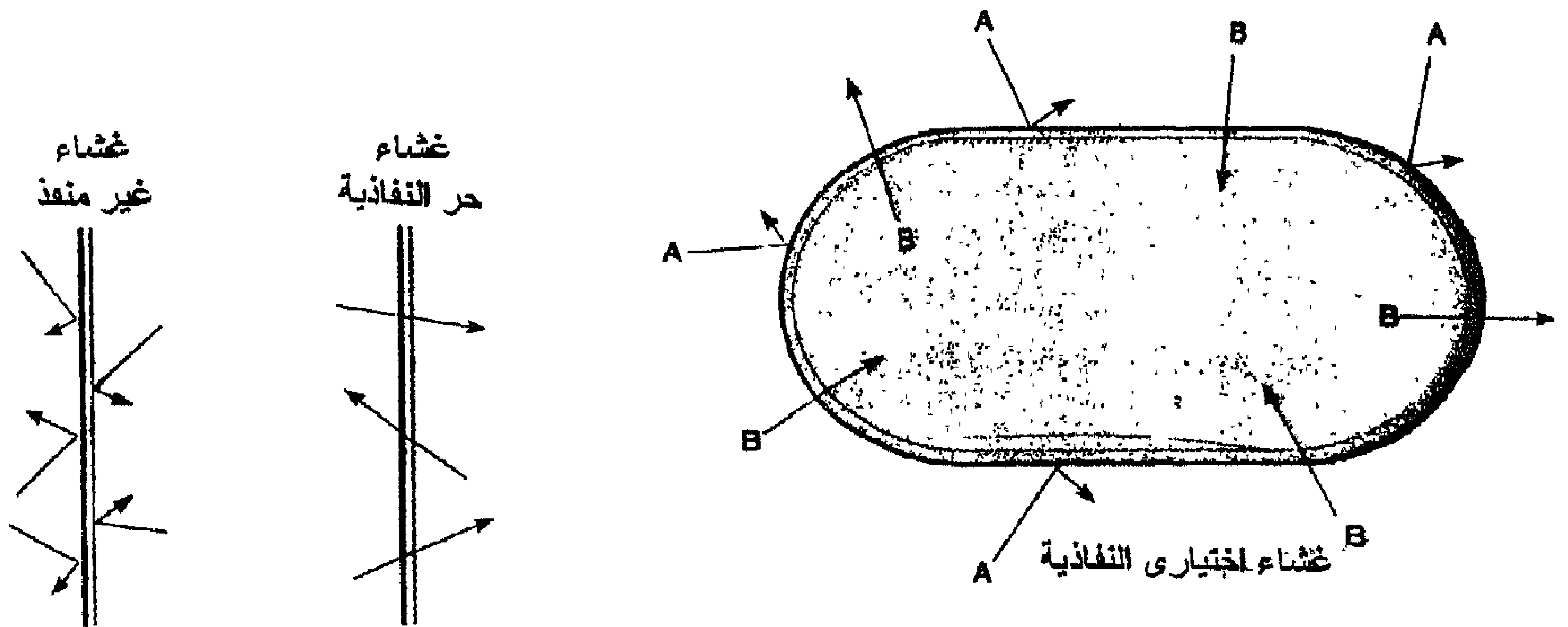
وتوجـد إخـتلافات بيـن أصـناف المحاصيل في القدرة على الضبط الاسـموزي ، فتتبايـن أصـناف القمـح في درجة التنظيم الاسموزي وتكون الأصـناف عالـيه التنظـيم الاسموزي هي الأفضل نمواً وإنتاجاً من الأصناف منخفضـة التنظيم الاسموزي تحت ظروف الإجهاد . حيث أوضح **Morgan (1995)** أهمية التنظيم الاسموزي في تحسين كفاءة إستخدام الماء في النبات بما يحافظ على معدلات البناء الضوئي وإنتقال ناتجات التمثيل الغذائيإلى الحبة وزياد دلـيل الحصـاد . فـيزداد محصـول أصـناف القمح التي يرتفع فيها الضبط الاسـموزي بمدى يتراوح من 1 إلى 60% مقارنة بالأصناف منخفضة الضبط الاسموزي تحت ظروف الإجهاد **(Morgan *et al.* , 1986)** .

كمـا سُـجلت إختلافات معنوية بين أصناف قصب السكر في الاتزان المائي وصاحب تراكم أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم مع البرولين ، تحسـن عملية الضبط الاسموزي لأكثر الأصناف تحملاً للإجهاد COM 9516 والذي كان أقدر على إمتصاص البوتاسيوم وتميز بمحتوى أعلى من البروليـن **(Panwar *et al.* , 2003)**.

6- ثبات الغشاء الخلوي Cell membrane stability

تمثل الأغشية الخلوية حواجز طبيعية بين النبات وبيئته ، وبين إلتراكيب والعضـــيات الخلويـــة في داخل أعضاء النبات من الأوراق والجذور . وتتعدد وظائف الأغشية في علاقتها بتحمل الملوحة ، فهي تنظم عملية إنتقال الأيونات بين الخلايا والبيئة الخارجية ، وهي المسئولة عن إختيارية إنتقال الأيونات على مستوى النسيج والعضيات والتخلص من الأيونات السامة عبر الأغشية.

وتعتـــبر الـــنفاذية الاختيارية من الخصائص الهامة للأغشية الحيوية ، ويعنـــي ذلك السماح بمرور مواد معينة عبر الأغشية بسهولة وسرعة أكبر عن مواد أخرى (شكل 1 -5) ويرجع ذلك إلى أن مناطق كثيرة من الغشاء الخلوى معظمها من الليبيدات .



شـــكل (1 – 5) : يوضح أن الغشاء غير المنفذ ، لا يسمح بمرور أى مواد خلاله . بينما الغشاء حر النفاذية يسمح بمرور أى مواد خلاله . ويسمح الغشاء إختيارى النفاذية بمرور مـــواد معينة خلاله بسرعة عن مواد أخرى ، بسبب إختلاف البنية الكيميائية على جانبيه ، فهذا الغشاء غير منفذ للمادة (A) ولكنه منفذ للمادة (B) (عن : Mauseth, 2003).

ويعتـــبر ثبات الغشاء الخلوي واحداً من الخصائص الفسيولوجية الهامة المسئولة عن تحمل الملوحة ، إذ تتميز الأصناف المتحملة بدرجة عالية من ثبات الغشاء الخلوي ، بينما يزداد معدل التسرب الالكتروليتي في الأصناف الحساسة. فقـــد وضـــح أهمية ثبات الغشاء الخلوي في تحمل أصناف قمح الخبز للظروف البيئية القاسية **(Pirayvatlou and Saidi , 2002)** ، وكذلك الحال فى تحمل صـــنف الأرز جـــيزة 178 للملوحـــة والـــذى أعطـــي أقـــل القيم في التسرب الالكتروليتي مقارنة بالصنف الحساس جيزة 177 والسلالة الأمريكية M-201 واللذين أظهرا أعلى قيم للتسرب الالكتروليتي وضرر الغشاء الخلوي (**Zayed *et al.* , 2004b)** .

ولقـــد تباينت أصناف قصب السكر فى درجة ثبات الغشاء الخلوي من 14– 48 % ، وكان ضرر الغشاء الخلوي أقل (13.8%) في الصنف المتحمل للملوحة Co 6304 في حين سجلت الأصناف الحساسة Co 8021 , Co 8202 قـيماً أعلـــى لضـــرر الغشاء الخلوي بلغت 48.7 و 40.6% ، على الترتيب **(Vasantha , 2003)** . وظهـــر نفـــس الســـلوك في نباتات الدخان المتحملة للملوحة حيث أعطت قيماً عالية لدليل ثبات الغشاء الخلوي (**Sumesh *et al.* , 2003)**.

وتؤدى الملوحة إلى نقص درجة التوصيل المائى فى الأصناف الحساسة مقارنـــة بالأصـــناف المـــتحملة ، نتـــيجة نقص نفاذية الأغشية للماء أو سوبرة الجـــذور. إلا أن نفاذيـــة الماء عموماً ، تقل مع زيادة الإجهاد الملحى بدرجات متباينة فيما بين الأصناف الحساسة والمتحملة للملوحة .

وقد لاحظ منصـور (**1994**) من خلال تجاربه إنخفاض معامل نفاذية الماء مع زيادة الملوحة فى كل من الشعير والقمح بعد 7 أيام (جدول 1– 12) .

إلا أن معـــدل الـــنقص كـــان أعلـــى فى الأصناف الحساسة مقارنة بالأصناف المـــتحملة. وأعـــزى الاختلاف بين الأصناف إلى التباين فى تركيب ومحتوى الغشاء الخلوى . هذا وقد أظهرت النتائج وجود إختلافات معنوية بين معاملات الملوحة والكنترول .

جدول(1-12):تأثير إضافة 100 mM من كلوريد الصوديـــــــوم (Ψs =- 0.25 Mpa) على نفاذية الماء بخلايا طبقة تحت البشرة لغمد الشعير وخلايا قشرة جذر القمح .

الصنف	معامل نفاذية الماء $(Cm\ s^{-1}) \times 10^{4}$	النسبة المئوية من الكنترول
الصنف الحساس	الشعير [a]	
(Morex)		
0 mM NaCl	13.8 ± 3.7	100
100 mM NaCl	7.5 ± 3.7	55
الصنف المتحمل		
(California Mariout)		
0 mM NaCl	12.3 ± 3.4	100
100 mM NaCl	8.6 ± 2.8	70
الصنف الحساس	القمح b	
(Urban)		
0 mM NaCl	3.31 ± 0.10	100
100 mM NaCl	1.99 ± 0.21	60
الصنف المحتمل		
(Sakha 8)		
0 mM NaCl	3.92 ± 0.34	100
100 mM NaCl	3.60 ± 0.41	92

أجريـــت القياســـات على القطاعات الطولية للبادرات النامية في وجود وفي عدم وجود ملح كلوريد الصوديوم المضاف إلـــى4/1 محلول هوجلاند المغذي على 4 و 7 أيام ، على الترتيب .

(a عن : Mansour and Stadelmann, 1994).

(b عن : Mansour , 1994).

ثالثاً: الصفات الكيموحيوية Biochemical characters

1- الذائبات العضوية Organic solutions

تحافظ نباتات المحاصيل على حياتها وتؤمن نفسها إسموزياً عن طريق زيـــادة تركـــيز الذائـــبات العضـــوية من السكريات والبرولين والجليسين بيتين وغـــيرها. وتســـهم هذه المواد في إحداث التوازن الاسموزي ، كما تساعد في حمايـــة النشاط الانزيمى في وجود الايونات السامة . فمن المعروف أن عملية الطـــرد الايونـــي تحمي كثير من النباتات غير الملحية Glycophytes من التأثـــيرات الســـامة للملوحة لكنها قد تسهم أيضاً في عدم الاتزان الاسموزي . ويـــتوقف ضبط الاسموزيه على تخليق المواد المنظمة للاسموزية من الجزيئات العضـــوية ســـالفة الذكر وتعتمد عليها النباتات في تسهيل إمتصاص الماء داخل النـــبات ، كما تعتبر مصدراً للكربون والنيتروجين والطاقة والتي تخفف من أثر الإجهاد الملحي.

1.1- السكريات

يـــزداد تـــراكم السكر في التراكيب الوراثية المتحملة مع زيادة مستوى الملوحـــة والـــذي لوحظ في عديد من أصناف محاصيل القمح والشعير والأرز والحمص والدخان وغيرها.

وتـــبذل النـــباتات طاقـــة للحصول على إحتياجاتها من الماء والعناصر الغذائية تحت ظروف الملوحة ، ويعتبر مستوى الكربوهيدرات ومركبات الطاقة اللازمة في عمليات الفسفرة في الخلية مدلولاً على قدرة النبات على الأقلمة مع ظـــروف الملوحـــة . ولقـــد لاحـــظ **ســـلام وعافـــية (1998)** زيادة محتوى الكربوهـــيدرات الكلى في سيقان أصناف القمح وكانت الزيادة أكثر وضوحاً في الصنف المتحمل ياكورا روجو والسلالة 2 تحت مستوي الملوحة العالي (8000

جــزء فـــي الملـــيون) . كما زاد محتوى الكربوهيدرات غير الذائبة معنويا في الصـــنفين ، وأعزى ذلك إلى عدم إنتقال الكربوهيدرات الميسرة والاستفادة بها نظـــراً لنقص مركبات الطاقة ATP المطلوبة نتيجة نقص إمتصاص الفوسفات غـــير العضوي تحت ظروف الملوحة ، أو نتيجة قيام النبات بتوظيف مركبات الطاقة ATP في إنتقال الأملاح وتخزينها في الفجوات . ولقد تميز صنف قمح الخـــبز المصـــري سخا 8 المتحمل للملوحة بزيادة تراكم الكربوهيدرات خاصة الذائبة المختزلة (جلوكور وفركتوز) وغير المختزلة (سكروز) والتي تعمل على تحســـين الاســـتخدام الأمـــثل للمياه المتاحة وتُزيد من قدرة النبات على الضبط الاسموزي **(Salib *et al.* , 2003)** .

ولقـــد أشارت الدراسات الفسيولوجية إلى قدرة أصناف الأرز المقاومة للملوحة مثل الصنف Pokkali على تراكم السكروز ، كما إزداد به نشاط تخليق انـــزيم السكروز – فوسفات (SPS) ،.في حين حدث تراكم للسكريات المختزلة مـــثل الجلوكـــوز والفركتوز وإنخفض مستوي التريهالوز والنشاط الانزيمي في الصـــنف الحســـاس Ikp . كما إزداد محتوى السبيرميدين Spermidine في الصنف المقاوم ولم يتغير في الصنف الحساس للملوحة ، حيث اتضح دور هذا الحمـــض الأمينـــي فـــي تنظيم عمل أنزيم (SPS). وفي هذا المجال ، أوضح **Lutts (2003)** أهمية العامل الوراثي *Rsus 2* فى تنظيم مستوي نسخ إنزيم (SPS) ومن ثم المقاومة للملوحة .

كما وأنه في البقوليات البذرية ، لوحظ زيادة تراكم السكر في التراكيب الوراثية المتحملة من الحمص مع زيادة تركيزات الملوحة من صفر ، 4 إلى 8 ديســـيمتر/م **(Singh *et al.* , 2003e)** ، وكـــذا في أصناف السمسم المتحملة RT-54 , RT-46 , RT –127 مقارنـــة بالصـــنف الحساس RT-125 والذي

إزداد بـه محـتوى الــ Malondialdehyde كمؤشـر لضـرر الملوحـة (Gehlot and Purohit , 2003) . علاوة على ذلك ، إحتوت نباتات الدخان المعدلة وراثياً على مستويات عالية من السكروز وحمض الأبسيسيك trans – ABA مـع زيـادة مسـتويات الملوحة . وأشارت الدراسة إلى أهمية حمض ectoine في تنبيه وتنشيط وفهم طبيعة وراثة تحمل ظروف الإجهاد (Begam *et al.* , 2003) .

وعلى أساس مستوى الطاقة وتراكم الصوديوم في نباتات قصب السكر، لوحـظ أن الأصـناف المتحملة للملوحة توظف طاقة أقل لكل ميكروجرام من الصـوديوم عن الأصناف الحساسة . فقد تميزت أصناف قصب السكر المتحملة للملوحة بالقدرة على تراكم نسبة أعلى من المواد الكيماوية المنظمة للأسموزية تزامنت مع أقل نقص فى المحصول (20-35 %) ، فى حين أخذت الأصناف الحساسة إتجاه معاكس (Dwivedi and Srivastava , 2000).

2.1- تراكم البرولين والأحماض الأمينية الحرة

Proline and free amino acids accumulation

يلعب البرولين دوراً في عملية التنظيم الاسموزي للخلايا ، حيث يزداد تراكمه في أوراق النباتات التي تتعرض لظروف الإجهاد الملحي . ومن المعلوم أن البرولين كمركب نيتروجينى ينظم بكفاءة عالية تخزين النيتروجين الضروري للنـبات لعمـل التوازن الاسموزي كما يعتبر مؤشراً للكفاءة المحصولية تحت ظروف الملوحة.

هـذا وقـد تمـيزت أصناف القمح الأكثر تحملاً للملوحة مثل الصنف Kharchia-69 بالقدرة على تراكم مستويات أعلى من البرولين وتزامن ذلك مع

زيادة الضغط الاسموزي للعصير الخلوي مقارنة بالصنف الحساس J-405 ، مع زيادة مستويات الملوحة **(Maliwal and Sutaria , 1992)** .

وإختلفت أصناف القمح معنويا في محتوى الأوراق الخضراء من البرولين خلال مرحلة التفريع وطرد السنابل (جدول 1 – 13) . وكانت الأصناف إيكارردا 8 وإيكاردا 7 وسخا **8** الأعلى في محتوي البرولين وتحمل الملوحة **(Nigem *et al.* , 1996)** .

كما إزداد تراكم البرولين وأظهر علاقة موجبة وتحمل الملوحة في الذرة الشامية **(Abdel Tawab , 1997)** . وإزداد تراكم البرولين والبروتين ، وكذا نشاط انزيمات الكتاليز والاميليز والبيروكسيديز في بادرات جيرمبلازم الحمص عمر 8 أيام مع زيادة مستوي الملوحة من صفر ، 4 إلى 8 ديسيمتر/م ، حيث سجل **Singh** وآخرون **(2003b)** إرتباطاً موجباً ومعنوياً بين هذه التقديرات الكيماوية ونسبة الإنبات . كما أكدته دراسة **مصطفى (2006)** في القطن والذي سجل إرتباط موجب ومعنوي بين محصول القطن الزهر للنبات ومحتوى البرولين ، وإرتباط سالب ومعنوي بين دليل الحساسية للملوحة لمحصول القطن الزهر للنبات ومحتوي البرولين ، في صالح تحمل الملوحة .

كما وضح أهمية حمض الابسيسيك كإشارة فعالة على المستوي الأيوني (مع زيادة مستوي أيون الصوديوم Na^+) والمستوى الاسموزي (سكروز ، نواتج التمثيل العضوية والانتفاخ) في تحمل أصناف قصب السكر , Co 740 CoS 767, Up –5 للملوحة مقارنة بالصنف الحساس CoJ 64 ومتوسطة التحمل Co 1148 و CoLK 8001 **(Dwivedi, 2004)** . وتشير هذه النتائج إلى أهمية المكونات الكيموحيوية كتقديرات مفيدة في برامج التربية لتحمل الملوحة.

جدول (1 - 13): تأثير التركيب الوراثي لأصناف القمح وملوحة مياه الري على محتوي البرولين بالأوراق

A : تراكيب القمح الوراثية (G)	محتوى البرولين (ppm) ميعاد العينة (يوم) 60	90
ICARDA -1	322 f	506 h
ICARDA -2	410 de	551 g
ICARDA -3	461 cd	592 f
ICARDA -4	439 d	633 e
ICARDA -5	651 b	767 c
ICARDA -6	379 e	517 gh
ICARDA -7	652 b	836 b
ICARDA -8	768 a	897 a
ICARDA -9	446 d	620 ef
ICARDA -10	396 e	625 ef
ICARDA -11	412 de	596 f
ICARDA -12	431 de	640 e
Sakha -8	620 b	874 ab
Sakha -69	496 c	666 e
Giza -155	445 d	714 d
Giza -163	425 de	520 gh
F.Test	**	**
B: ملوحة مياه الرى (S)		
2750 PPm	350 b	625 b
8000 PPm	480 a	695 a
F . Test	**	**
C : التفاعل		
SXG	**	**

(عن : Nigem *et al.*, 1996)

3.1- الجليسين بيتين Glycine betaine

يعتـــبر الجليســـين بيتين من أهم المواد العضوية الذائبة التي تتراكم في ســـيتوبلازم خلايا النباتات المعرضة للإجهاد الملحي مؤدياً إلى أحداث الاتزان الاســـموزي ، ممـــا يـــزيد من قدرة النبات على تحمل الملوحة . وقد أشارت الدراســـات الفســـيولوجية إلـــى إحـــتواء النـــباتات المقاومـــة المحبة للملوحة Halophytes علـــى مستويات مرتفعة من البيتين ، وأن تراكم الجليسين بيتين فـــي أوراق النباتات كان مصحوبا بزيادة قدرتها على تحمل الملوحة في بعض الأنواع النباتية.

وقـــــد إزداد تراكم البيتين في أصناف الشعير , Jeoniju , Gondar 1 وصنف القمح Haru –nanijou ونباتات الراي Gogatsu تحت ظروف غرف الـــنمو إستجابة للملوحة **(Arakawa *et al.*, 1992 and Ishitani *et al.*, 1993)** . وعلى ذلك يمكن القول بأن تراكم الجليسين بيتين يمكن أن يكون دليلاً إنتخابياً لتحسين تحمل الملوحة ، على الرغم من أن هذه الصفة بمفردها لا تعتبر معـــياراً كافـــياً إذا لـــم تتوافر الصفات الأخرى التي يعزى إليها تحمل الملوحة. وتجدر الإشارة إلى أن المعاملة الخارجية بالبيتين يمكن أن تؤدي إلى حث زيادة التحمل للملوحة.

2- المحتوى الأيوني Ion concentration

تـــرجع حساســـية بعض أنواع المحاصيل للملوحة إلى فشل النباتات في إســـتبعاد أيونـــي الصوديوم Na^+ والكلوريد Cl^- بعيداً عن سيتوبلازم الأنسجة النباتـــية . وتظهر أضرار الملوحة على أوراق أصناف المحاصيل الحساسة مع زيـــادة تركـــيز الأيونات في الأبوبلاست و تأثير الأيونات السامة على عمليات

الأيــض الغذائــي . حيــث يتحتم على النبات تحت ظروف الإجهاد الملحي ، إمتصـــاص مغذيات أكثر ومنع إمتصاص الأيونات السامة تحت الجهود المائية المنخفضة مقارنة بالظروف العادية . ومن هنا تأتي أهمية التعرض إلى الجوانب التي تمكن النبات من الإقلمة وظروف الإجهاد الملحي :

أ- التحكم فى إمتصاص الأيونات

يتميز النبات المتحمل للملوحة بالقدرة على منع إمتصاص الأيونات السامة والحفاظ على مستويات عادية من الأيونات المغذية عن النبات الذي لا يستطيع مـــنع تـــراكم الأيونات والحفاظ على التوازن الغذائي . وتعد عملية منع دخول الأيونـــات الســـامة داخـــل الجـــذور أو المجموع الخضري واحدة من الفروق الواضـــحة بين الأصناف المتحملة والحساسة للملوحة . وتعتبر التربية لخفض تراكم الأيونات السامة وكفاءة إمتصاص المغذيات تحت ظروف الإجهاد الملحي أو تحمـــل ســـمية نوعية معينة من الأيونات من الميكانيكيات المفيدة في برامج تحسين تحمل الملوحة في الأصناف الحساسة.

ب- نظام إدارة وتعامل النبات مع الأيونات

يعتـــبر ذو أهمـــية فـــي القدرة على مقاومة الملوحة ويتم ذلك بفعل أنظمة كيموحيوية وفسيولوجية معينة ، تمكن النبات من إستبعاد الأيونات السامة ومنع وصـــولها إلـــى الـــنموات الخضرية . وفي هذا المجال وجد **Asharf and Aasiya Khanum (1997)** أن مقاومة أصناف القمح للملوحة ، إرتبطت مع القدرة على الاستبعاد الجزئي للصوديوم والكلوريد من أنسجة النبات إلى جانب المحتوى المرتفع من البوتاسيوم والكالسيوم . كما ارتبط التوزيع الجيد للصوديوم والمحتوى المناسب من البوتاسيوم مع تحمل صنف القمح سخا 8 للملوحة مقارنة بالصنف جيـــزة 162 **(Mansour and Salama , 1996)** .

وأظهر صنف القطن Z 407 التابع للنوع *G. hirsutum* القدرة على إعادة توزيع كاتيون البوتاسيوم K^+ حتى في وجود تركيزات عالية من الصوديوم فـــي الأوراق الصــغيرة تحت مستوى الملوحة المرتفع 200 mM كلوريد صوديوم **(Leidi and Saiz , 1997)** .

جـــ- إختيارية مرور الأيونات

تمتلك النباتات المتحملة للملوحة خاصية إختيارية مرور الأيونات من خلال الـــنفاذية الاختـــيارية للأغشـــية الخلويـــة التي تمكن النبات من تمييز الأيونات المتشابهة كيميائياً مثل الصوديوم Na^+ والبوتاسيوم K^+ ، حيث تمنع مرور أيون معيـــن وتسمح بمرور أيون آخر أو قد تعمل على نقل أيون ثالث خارج الخلية ويكـــون ذلك حسب أهمية هذا الأيون وحاجة النبات إليه . وتعتبر هذه الخاصية ذات قـــيمة كبـــيرة في تحمل الملوحة . فقد أشار **Tattini (1994)** أن تحمل الملوحة في القمح والشعير يرتبط مع تفضيل البوتاسيوم K^+ في مقابل الصوديوم Na^+ وأنهـــا صفة وراثية هامة في تحمل الملوحة . هذا وقد لوحظ أن إختيارية الأغشـــية تتحسن في وجود الكالسيوم Ca^{2+} . وقد أعزى **Ashraf and O'Leary (1996)** تحمـــل الملوحــــة فـــي سلالتي القمح S 36 ، S 24 إلى المحـــتوي المنخفض من الصوديوم والكلوريد والمحتوى المرتفع من البوتاسيوم والنســـبة بيـــن البوتاسيوم : الصوديوم في الأوراق وإختيارية البوتاسيوم مقابل الصـــوديوم مقارنة بباقي الأصناف ، في أغلب الحالات عند مستويات الملوحة تحت التجريب (جدول 1- 14).

وفـــي الأرز ، إزدادت إختيارية البوتاسيوم عن الصوديوم وقلت إختيارية الصـــوديوم عن الكالسيوم في الأصناف المتحملة مع زيادة الملوحة. وقد سجل **Zeng** وآخـــرون **(2003)** إرتـــباط معـــنوي بين محصول الحبوب وكل من

إختيارية البوتاسيوم عن الصوديوم والصوديوم عن الكالسيوم. وتؤيد هذه النتائج أهمــية صــفة الاختيارية في مرور الأيونات عبر الأغشية الخلوية كمكون هام ومعيار انتخابي مفيد في برامج غربلة جيرمبلازم المحاصيل لتحمل الملوحة.

جــدول (1 - 14): نسبة البوتاسيوم / الصوديوم وإختيارية البوتاسيوم مقابل الصوديوم في أوراق 7 أصناف / سلالات من القمح الربيعي قبل مرحلة البلعمة عند زراعتها في بيئة رملية بملوحة صفر ، 125 أو 250 (مول/م) كلوريد صوديوم في محلول هوجلاند المغذي .

الصنف / السلالة	تركيز الأملاح (مول / م)					
	نسبة K / Na بالورقة			إختيارية البوتاسيوم مقابل الصوديوم بالورقة		
	0	125	250	0	125	250
S36	53.08± 4.35a	3.35± 0.16acd	1.90± 0.12a	6.64± 0.23a	52.3± 4.81ad	59.4± 6.11a
S24	68.69± 5 60b	4.46± 0.23a	1.47± 0.11a	8.59± 0.46a	69.7± 5.52b	45.9± 4.82b
SARC-1	75.45± 8.92c	4.35± 0.19a	0.87± 0.09b	9.43± 0.68a	68.0± 7.08b	27.2± 3.81c
LU26S	50.57± 3.43a	5.57± 0.29b	0.81± 0.08bc	6.32± 0.53a	87.1± 6.98c	25.3± 3.92cd
Kharchia	74.77± 6.18c	3.80± 0.24ac	1.40± 0.12a	9.35± 0.69a	59.4± 3.91ab	43.8± 5.12b
Potohar	68.59± 5.51b	2.92± 0.19cd	0.62± 0.07bc	8.57± 0.47a	45.6± 4.42e	19.4± 2.43d
Yecora Rojo	60.62± 4.89d	2.45± 0.16d	0.31± 0.07c	7.58± 0.61a	38.3± 4.67e	9.73± 2.34e

(عن: Ashraf and O' Leary , 1996).

د- المحافظة على الاتزان الأيوني

تعتبر قدرة النبات على المحافظة على التوازن بين البوتاسيوم : الصوديوم السيتوبلازمى مع الأيض الطبيعي من خلال عملية الانتقال الأيوني عبر الغشاء البلازمــي والتونوبلاست من الميكانيكيات المتحكمة في تحمل الملوحة والواقعة تحــت نظام التحكم الوراثي . حيث يستبعد الملح إلى الفجوات و / أو يعود إلى الوسط الخارجي ، بينما يتوزع البوتاسيوم في السيتوبلازم ويستلزم هذا الموديل القدرة على ما يلي :

1- التميــيز بيــن أيونــي الصــوديوم والبوتاســيوم عــند الغشاء البلازمي والتونوبلاست.

2- قدرة عالية للأغشية على ضخ الأيونات الزائدة إلى الخارج من خلال قنوات الأيونـــات.فتمـــتلك بعــض الأنواع النباتية القدرة على تخليص نفسها من الأيونـــات السامة وهي عملية مرتبطة بوظيفة الأغشية ونشاط إنزيم H^+- ATPase بضـــخ أو طرح أيون الصوديوم Na^+ وإزالته من داخل الخلية خارج السيتوبلازم وهو ما لوحظ في محصول الشعير وعديد من النجيليات المتحملة للملوحة.

3- تستطيع بعض الأنواع النباتية المقاومة للملوحة استبعاد الأملاح بإفرازها في حجـيرات (غدد ملحية) في الأوراق كما في جنس الأتربلكس وتُفرز منها إلـــى أســطح الأوراق وتغسل بالندي أو ماء المطر . وتقوم بعض الأنواع الأخــرى المحبة للملوحة بتخزين الملح في الأوراق القديمة ثم سقوط هذه الأوراق أو تخزيــنه فـــي الســويقات الجنينية أو الجذور أو القصيبات أو السيقان .

4- تتمــيز نـباتات المحاصيل ثنائية الفلقة المحبة للملوحة بالقدرة على تحمل تراكم كميات كافية من الأيونات من خلال أنظمة فيزيائية وكيموحيوية بما يكفل المحافظة على النمو عند نقص الإمداد المائى وزيادة ملوحة التربة.

3- أنظمة الحماية ومضادات الأكسدة Antioxidants

تلعـــب مضادات الأكسدة دوراً حيوياً في حماية النظام الحيوي والنشاط الأنزيمـــي والمكونات الكيموحيوية والعمليات الفسيولوجية من أضرار الأنواع الأوكســجينية النشطة ، وتحدد درجة النشاط الانزيمي مستوي التحمل للإجهاد البيئـــي . وتجدر الإشارة ، إلى إمكانية حث النظام الدفاعي لمقاومة الإجهاد عن طـــريق المعاملة الخارجية ببعض المثيرات مثل الأشعة ، الحرارة العالية وفوق أكسيد الهيدروجين .... وغيرها.

وتشـــير الدراسات المتقدمة ، إلى أن إنتاج الأنواع الأوكسجينية النشطة يعتـــبر نتـــيجة طبيعـــية لتأثير الإجهاد الملحي . وتؤدي فوق الأكاسيد إلى هدم الليبـــيدات والبروتيـــن والحمض النووي دنا والصبغات ، إلا أنه وعلى الجانب الآخـــر تلعـــب مضـــادات الأكسدة النباتية دوراً حيوياً في التخلص من الأنواع الأوكســـجينية ، ومـــن ثـــم تقلـــيل عملية الهدم . ولقد لوحظ في أصناف القمح المـــتحملة للملوحة زيادة مستوي نشاط أنزيمات Superoxide dismutase , Catalase , Glutathione reductase, Ascorbate peroxidase , Peroxidase مع زيادة الإجهاد الملحي من 5.4 إلى 10.6 ديسيمتر/ م مقارنة بالأصـــناف الحساســـة والتـــي زاد فـــيها إنـــتاج فـــوق أكسيد الهيدروجين و Thiobarbituric والتي تعتبر مؤشراً لهدم الليبيدات كما نقص محتوي حمض الأسكوربيك والصبغات وثبات الغشاء الخلوي **(Sairam *et al.*, 2003)** .

كما لوحظ تأثير تعاوني لهذه الإنزيمات كنظم حماية تحت ظروف إجهاد الملوحة والبورون عند مرحلتى نمو البادرات والتضج في القمـــح **(Angrish *et al.*, 2003)** ، وإرتفـــع محـــتوى الجلوتاثـــيون فـــي تراكيب الذرة الشامية والترمس الأكثر تحملا للملوحة والجفاف عن سلالات الدخن وفول الصويا الأقل فـــي محتوي الجلوتاثيون والأكثر حساسية للإجهاد مع أقل نقص في إنتاج المادة الجافـــة **(Tepe and Harms , 1995)** . ولعب نشاط انزيم Superoxide dismutase دوراً فـــي الحمايـــة مـــن الأنواع الأوكسجينية النشطة (الضارة) وتحمل صنفا الأرز Pokkali , CSR-13 للملوحة مقارنة بالصنف MI 48 الحساس **(Singh *et al.*, 2003d)** . وإستخدم نشاط إنزيم البيروكسيديز كأحد الدلائل الهامة في غربلة سلالات الأرز لتحمل الملوحة **(Babu *et al.*,2003)**.

وفـــي البرســـيم الحجازي إزداد نشاط إنزيم الفوسفاتيز الحامضى تحت ظروف الملوحة في الصنف المتحمل Yazdi مقارنة بالصنـــف الحســـاس Hamedani **(Ehsanpour and Amini , 2003)** .

كمـــا إزداد نشـــاط أنزيمات البيروكسيديز والكتاليز والاميليز وإنخفض نشاط البروتييز مع زيادة تراكم البرولين والبروتين والسكر والفينول في أصناف الحمـــص المـــتحملة للملوحـــة ، وكـــان الارتباط موجباً بينهما والنسبة المئوية للإنـــبات، حيـــث أشار **Singh ومعاونوه (2003e)** إلى أهمية هذه المكونات الكيموحيوية كمؤشرات مفيدة فى تحسين تحمل الملوحة .

4- محتوى الأحماض النووية **Nuclic acid content**

مع تقدم أساليب التقنية الحيوية والبيولوجيا الجزيئية إنتقل عمل المربي واهـــتمامه مـــع المتخصصين في مجال الوراثة والهندسة الوراثية إلى مستوي الأحماض النووية . فيدل محتوى الأحماض النووية على مستوي النشاط الحيوي فـــي النـــبات تحت ظروف الإجهاد . وتشير نتائج بعض الدراسات إلى وجود إرتـــباط موجـــب ومعـــنوي بين محصول حبوب القمح وكل من نسبة الحمض الـــنووي دنا والبرولين والصوديوم والبروتين الذائب والسكريات المختزلة ، في حيـــن كان الارتباط سالباً مع نسبة كل من الحمض النووي رنا والماغنسيوم . ولقـــد زاد محـــتوي دنا و رنا في المجموع الخضري وسيقان الصنف المتحمل يـــاكورا روجو تحت مستوي الملوحة العالي 8000 جزء في المليون،كما لوحظ زيادة معنوية في محتوي الحمض النووي رنا في التراكيب الوراثية المتحملة ، ســـلالة 1 وجيزة 160 وجميزة 1عند مستوى الملوحة 4000 جزء في المليون وفـــي الأصناف المتحملة مكسيباك 69 وسخا 92 عند مستوي 8000 جزء في

المليون (Sallam and Afiah , 1998) ، وأعزى زيادة تراكم دنا و رنا في المجمـــوع الخضـــري للأصناف إلى التأثير المثبط للملوحة على نشاط إنزيمي DNase , RNase . غـــير أنـــه مع إجهاد الملوحة الشديد ، يحدث نقص في تخليق دنا و رنا ويزداد معدل هدم الأحماض النووية .

5- محتوي الفوسفوليبيدات والاستيرولات

Phospholipids and sterols content

ترتـــبط التغـــيرات فـــي محـــتوى الاســـتيرولات والفوســـفوليبيدات والجليكوليبيـــدات مـــع تراكم أيون الكلوريد Cl^- وأيون الصوديوم Na^+ تحت ظروف الملوحة . وتلعب الاستيرولات دوراً فعالاً في تنظيم درجة ثبات الغشاء البلازمـــي ونفـــاذ الأيونـــات وتحمل الملوحة . ودلت الدراسات على أنها صفة مســـتحثة وراثياً تحت ظروف الملوحة : ولقد لاحظ **منصور وآخرون (1994)** زيادة مركبات الاستيرولات Stigmasterol , brassisterol , cholesterol ونقص محتوى الفوسفوليبيدات و Phosphatidyl choline مع إجهاد الملوحة فـــي القمـــح ، كمـــا تميزت أصناف الشعير وبنجر السكر والفاصوليا المتحملة للملوحـــة بمستوى عالي من الاستيرولات عن الأصناف الحساسة **(Staples and Toenniessen , 1984).**

وتتميز تراكيب الجدر الخلوية ذات القدرة العالية على التحكم في النفاذية بوجـــود فوسفوليبيدات الـــ Saturated phosphatidylethanol – amine, phosphatidylglycerol , phosphtidylcholine حيـــث تقـــوم بهذا الدور بفعـــل التوازن الجيد بين حجم المجاميع القطبية وحجم الجزيئات المحبة للماء ، حيـــث سُـــجلت زيـــادات معنوية في محتوي الفوسفوليبيدات في جذور الأنواع المقاومـــة للملوحـــة مثل بنجر السكر ولسان الحمل ، في حين يقل في الأنواع

الحساسة . وقد أعرى هذا إلى تأثير أيونات الصوديوم والبوتاسيوم على حث نشاط إنزيم ATPase .

ويؤثر تركيب الأحماض الدهنية في الفوسفوليبيدات على نفاذية الأغشية، فتقل نفاذية أغشية الفوسفوليبيدات مع نقص درجة تشبع الفوسفوليبيدات . ويؤدي زيادة عدم التشبع إلى زيادة معنوية في النفاذية السلبية لكاتيون البوتاسيوم K^+ عن الصوديوم Na^+ . كما لوحظ إرتفاع محتوي الأوراق من حمض اللينوليك عن اللينولينك في الأنواع المتحملة للملوحة مثل بنجر السكر ، مما يعطيها القدرة أيضا على تحمل درجات الحرارة المنخفضة . ولقد وجد **Dwivedi (2000)** أن محتوى الأحماض الدهنية Tri – acid كان عاليا 37.7–61.5% في أصناف قصب السكر المتحملة للملوحة CoS 767 , CoS 8118 ، مع أقل نسبة نقص 25.9– 38.5 % في المادة الجافة ، في حين سجل الصنفان CoJ 64 , Co 1148 محتوي 19.6 % و 7.5% من هذه الأحماض مع أعلى نسبة نقص في المحصول 50.2 , 68.9 % وصنفت كأصناف متوسطة التحمل وحساسة للملوحة ، على الترتيب.

ولقد لوحظ إرتفاع نسبة الاستيرول / الفوسفوليبيدات في السلالات المقاومة للملوحة عن السلالات الحساسة . وتفقد أنسجة النبات القدرة على تنظيم مرور الأيونات عبر الأغشية عند إرتفاع هذه النسبة عن الوحدة . وعلى الجانب الأخر ، يقل محتوي الجليكوليبيدات Glycolipids في جذور وسوق الشعير والبنجر وزهرة الشمس والبرسيم الحجازي ولسان الحمل مع إجهاد الملوحة **(Staples and Toenniessen, 1984)**.

الباب الرابع

الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل للملوحة

Varietal Differences and Genetic Resources for Salinity Tolerance

تختلف القدرة على تحمل الملوحة من جنس إلى أخر ، فمثلا يعتبر جنس الشـــعير والقطن وبنجر السكر والبرسيم الحجازى وبعض محاصيل الزيت مثل الريـــب أكـــثر مقاومة للملوحة من محاصيل أخرى مثل الفول البلدى والعدس والسمسم .

كمـــا تختلف قدرة الأنواع داخل جنس المحصول الواحد على المقاومة للملوحة تبعا لمستوي التعدد الكروموسومي ، فيعتبر القمح السداسي أكثر مقاومة للملوحـــة من الأقماح الرباعية والثنائية ، كما تعتبر الأنواع الرباعية من جنس الـــ Brassica أكثر تحملا للملوحة من الأنواع الثنائية.

وتخـــتلف أصناف المحاصيل داخل النوع الواحد في تحملها للملوحة . فتعتبر أصناف الأرز متأخرة النضج الطويلة أكثر مقاومة للملوحة من الأصناف الأخـــرى ، كمـــا تتبايـــن سلالات قصب السكر وراثيا في مقاومتها للملوحة . وعموماً يمكن سرد هذه الاختلافات على النحو التالي :

القمح Wheat

تتميز أصناف قمح الخبز المحلية جميزة 7 ، جميزة 9 ، جميزة 10، سدس 1 ، سخا 8 وسخا 93 بالقدرة على تحمل الملوحة مقارنة بالأصناف جيزة 165 وجيزة 168 **(Anonymous , 2007)** .

ووجد سلام وعافية (**1998**) أن أكثر السلالات تحملاً للملوحة السلالة 1 يليـــيها الصنف ياكورا روجو والسلالة 3 والسلالة 2 والصنفان جيزة 160 ومكسيباك 69 . وقد أظهرت الدراسات البحثية أن الصنف جيزة 164 كان أكثر تحمـــلا للملوحـــة يليه سخا 8 وسدس 1 ، في حين كانت الأصناف جيزه 165 وجيزه 168 وسخا 93 متأثرة بالملوحة (**EL-kholy *et al.* , 2004**) .

وبمقارنـــة الأصـــناف سخا 8 وساحل 1 وسدس 1 فيما يتعلق بتحملها للملوحة ، كان الصنف سخا 8 أقدر على تحمل الملوحة مقارنة بالأصناف ساحل 1 وسدس 1 (**Salib *et al.* , 2003**) .

وقـــد أظهرت سلالتا القمح الأجنبية PI 78012 , PI 180988 درجة عالية من المقاومـــة للملوحـــة ، في حيـــن كانـــت السلالتـــان PI 94353 , PI 94341 أكثر حساسية للملوحة (**Mansour *et al.* , 1993**) .

وقـــد سجلت السلالتان الأجنبيتان KRL 1-4 , K 9006 أقل نسبة من الصوديوم / البوتاسيوم بالأنسجة وكانت عالية التحمل للملوحة مقارنة بالصنف K 9644 الذي سجل أعلى نسبة من الصوديوم/ البوتاسيوم (**Parihar and Singh , 2003**) .

وتميز الصنف Kharchia 65 بتحمله العالي للملوحة ، حيث أظهر أقل نقـــص فـــي الـــناتج الكلي من المادة الجافة والمحصول وأعلى نشاط لمضادات الأكســـدة والضبط الاسموزي ومحتوي البوتاسيوم ومحتوي أقل من الصوديوم وفوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 ، في حين تباينت الأصناف HD 2687 , HD 2009 , KRL 19 في درجة تحملها للملوحة (**Sairam *et al.* , 2003**) .

وعلى مستوي مزارع الأنسجة ، كانت الأصناف الأجنبية West Bred 911, Yecora Rojo هـي الأكثر تحملاً للملوحة يليها الصنفان المحليـان جيزة 157 ثم سخا 90 (**Barakat and Abdel – Latif , 1996**) .

كمـا يعتـبر الصـنف Nebraska الـتابع للـنوع *Agropyron desertorum* والتراكيـب الوراثية PI 276399 , **PI** 297874 التابعة للنوع *Agropyron elongatum* من المصادر الوراثية التي أمكن تربيتها وإنتخابها لـتحمل الملوحة (**Shannon and Noble , 1990 and Flowers and Yeo 1995**).

وتعتبر الأنواع التابعة لجنس *Agropyron* مثل *A. elongatum* ، *A. pontica* ، *A. seirpea* ، *A, cliac* ، *A. junceiformis* مصادر هامة للمقاومة للملوحة (**Dvorak *et al.*, 1988 and Singh , 2001**).

الشعير Barley

يتميز صنف الشعير المحلي جيزه 123 والصنف الأمريكي Beecher والسـلالة المستنبطة حديثا SU 12330 وسلالات الايكاردا 2 ، 3 ، 4 واكساد 410 بثبات المحصول والملاءمة للزراعة تحت ظروف الإجهاد الملحي المرتفع في الصحاري المصرية (**Afiah, 2001**) .

وبناء على قياسات دليل الحساسية للملوحة ، فقد تفوقت سلالات الشعير ذات الصـفين G1 , G2 , G4 , G6 , G9 , G16 فى تحملها للملوحة مقارنة بالسـلالات G3 , G5 , G7 , G8 , G10 , G11 , G14 , G15 . كما كانت سـلالات الشعير ذات الستة صفوف G2 , G4 , G5 , G6 , G7 , G8 أكثر تحمـلاً للملوحة مقارنة بالسلالات G1 , G3 , G9 , G10 (**Afiah *et al.* , 2001**)

وتعتبر أصناف الشعير الهندية Karan 19 , Karan 92 وكذا الصنف الدنماركي Golden مصادر هامة لتحمل الملوحة (Singh, 2001 and Finnie *et al.* , 2004) ، هذا إلى جانب الصنف الأجنبي California Mariout ، في حين يعتبر الصنف Morex حساساً للملوحة (Mansour and Stadelman, 1994).

الأرز Rice

يعتبر الأرز من المحاصيل المتحملة للملوحة ، إلا أن هناك تبايناً في درجة تحمل الأصناف لمستويات الملوحة المختلفة ، فتتميز أصناف الأرز المحلية جيزه 159 وجيزه 178 وسخا 104 وهجين مصرى 1 بإمكان زراعتها في الأراضي الملحية حديثة الاستصلاح وعند وجود مشاكل في مياه الري وجودتها (Anonymous , 2007) .

وقد تميزت السلالات الطفرية المستنبطة حديثاً من الأرز الصحراوى Hegazi FOW , Hegazi C_{20} D^{20} , Hegazi LIC , Hegazi BOW بالمحصول العالى وتحمل الملوحة مقارنة بالصنف جيزة 177 (Abo Hegazi, 2007) .

وفيما بين الأصناف المحلية والأجنبية ، يعتبر الصنف جيزه 178 والسلالة IRAT 111 متحملين للملوحة ، والسلالة IR47686-6-2-2-1 متوسطة التحمل ، في حين كان الصنف جيزه 177 حساساً للملوحة (Shehata , 2004) .

كما يتميز الصنف البلجيكي Pokkali بالمقاومة للملوحة ، بينما كان الصنف Ikp حساساً للملوحة (Lutts , 2003) . وأكدت الدراسات تميز الصنف Pokkali وكذلك السلالة CSP 10 بمستوى عالي من تحمل الإجهاد

الملحي مقارنة بالأصناف Type III , Pant Dhan 4 , Pusa Basmati 1, Basmati 370 (**Shankhdhar** *et al.* , **2003**) .

ولقـــد إحتلـــت السلالات IR 20 , ADT 39 المرتبة الأولى في تحمل الملوحة يليها الصنف TRY I ، في حين كان الصنفان White Ponni, ADT 38 أكثر حساسية للإجهاد الملحي (**Djanaguiraman** *et al.*, **2003**) .

وقـــد تمـــيزت الأصناف الأجنبية Pokkali , CSR 10 , CSR 11 , CSR 27 , IR 47 بـــتحمل الملوحـــة ، فـــي حيـــن كانت السلالة CSR 30 متوسطة التحمل والسلالتين IR 28 , MI 48 حساستين للملوحة (**Ammar** *et al.*, **2007**) .

الذرة الشامية Maize

تتمـــيز ســـلالات الذرة الشامية جيزه 444 وجيزه 504 بزيادة الوزن الجـــاف للجـــذور ونسبة وزن المجموع الجذري : الخضري مقارنة بالسلالتين جيزه 102 وجيزه 241 . وأظـهرت الهجن جيزه 4 × جيزه 241 وجيزه 4 × جـــيزه 444 وجـــيزه 4 × جيزه 504 وجيزه 444 × جيزه 241 أقلمة عاليه لتحمـــل ظروف الملوحـــة (كلوريـــد صوديوم : كلوريد كالسيوم بنسبة 3 : 1) (**Fahmy** *et al.* , **1992**) .

وتتمـــيز هجن الذرة الشامية الثلاثية البيضاء جيزه 310 , 320 , 321 والثلاثـــية الصـــفراء جـــيزة 315 , 352 ودهب بمستوى مرضـى من التحمل للملوحـــة (**Anonymous , 2007**) . وقد أظـهر هجين الذرة الشامية الأجنبى Arizona 8601 مستوي عالي من التحمل الملوحة (**Shannon and Noble 1990**) . وإنفـــرد التركيـــب الوراثـــى VS-201 بكفـــاءة عالية في الضبط

الاسموزي مقارنة بالتركيب الوراثي SINT –S (**Picon and Rodriquez , 1990**) .

الذرة الرفيعة **Sorghum**

أظهـر هجين الذرة الرفيعة حورس تفوقاً في محصول الحبوب والعلف الأخضـر بنسبة 18.4 و 5.5% ، على الترتيب تحت ظروف الملوحة مقارنة بالهجين مينا وهما من الهجن التي تستخدم في إنتاج الحبوب والعلف الأخضـر (**Elafendy *et al.* , 2004**) . كمـا كانـت سـلالات الذرة الرفيعة الأبوية ICSR-91022 , ICSA – 37 والهـجـن ICSA-37 x Dorado ، ATX – 631 x Dorado ، ICSA-1 x ICSR – 91022 ، ICSA –37 x ICSR-91022 ، ICSA – 8845 x ICSR – 91022 أكثر تحملا للملوحة مقارنـة بالسـلالات ICSA – 1 ، ICSA-70 ، ICSA-88015 والهجـن ICSA-1 × Dorado ، ICSA-47 x Dorado ، ICSA-70 x Dorado ، ICSA –47 x ICSA –91022 (**EL – Menshawi *et al.* , 2003**).

هذا وقد أظهرت الأنواع *Sorghum halepense* , *S. bicolor* فعالية فـي إسـتبعاد أيون الصوديوم ، وكانت هذه الميكانيكية أكثر وضوحاً في النوع الأول ، حيث يعتبر مصدراً وراثياً لمقاومة الملوحة للأصناف التابعة للنـوع *S. bicolor* (**Yang *et al.* , 1990**).

الفول البلدي **Faba bean**

يعتـبر الفول البلدي من المحاصيل متوسطة التحمل للملوحة حيث يبلغ الحـد الحـرج للملوحـة 4.56 ديسيمتر / م ، ويحدث نقص بنسبة 50 % فى محصول البذور عند 9.51 ديسيمتر / م (**Sharma , 1995**).

وتتمـــيز الأصـــناف نوبارية 1 ، جيزه 3 ، قاهرة 241 والســـــلالات FLIP 77 /84 , ILB 1814، ILB 1813, L 983 /281/95 بثبات متوسط الأداء لمحصـــول الـــبذور ، وأنه يمكن التوصية بزراعة الأصناف نوبارية 1 والسلالات FLIP 77/84 , ILB 1814 , ILB 1813 تحت ظروف الأراضي المـــتأثرة بالملوحـــة ، فـــي حين يمكن زراعة الأصناف جيزه 3 وقاهرة 241 والسلالة L 983 /281/ 95 تحت ظروف البيئات الملائمة (**Darwish *et al.* , 2003**) .

الحمص Chickpea

تميزت سلالتا الحمص الهندية BGD – 70 , BGD – 1070 بمستوي جـــيد لتحمل الملوحة ، في حين كانت السلالتان BGD-72 , BG –1073 أقل نمـــواً وتكويناً للعقد الجذرية تحت ظروف الملوحة (**Singh *et al.* , 2003d**). كما أظهرت سلالات الحمض الهندية CSG 8893 , H83 –84, HK 81-69 ، H 85-108 مستوى جيد من التحمل للملوحة (**Singh , 2004**).

الترمس Lupine

أظهـــر صـــنف الترمس المحلي جيزه 1 والفرنسي ديجون – 2 تحملاً عالـــياً للملوحـــة مقارنـــة بباقي الأصناف والسلالات وهي طفرة 7 وطفرة 23 وطفرة 3/37 وجيزه 2 (**El – Sayad and EL-Ghobashy, 2003**).

الفول السوداني Peanut

يتباين أصناف وسلالات الفول السوداني في تحملها للملوحة ، وقد تفوق الصنف المحلى جيزه 3 والمستوردات Int 276 , Int 341 في تحمل الملوحة

وأعطـــت أعلى القيم في المحصول والصفات المرتبطة مقارنة بالصنف محلي 404 والســلالة المستوردة Int 342 (**Abd El – Aal *et al.*, 2007**) . وقد أظهرت السلالتان الأجنبيتان K_3 , TMV_2 تحملاً للملوحة ومتوسط أداء أفضل مقارنة بالسلالتين K 150 , K 134 (**Janila *et al.* , 1999**).

فول الصويا Soybean

يعتــبر فــول الصويا من المحاصيل متوسطة التحمل للملوحة ، ويتميز صـــنف فول الصويا الأجنبي Bragg بالقدرة على تحمل الملوحة ، بينما أظهر الصنف Dowling حساسية للملوحة (**Zenoff *et al.* , 1994**) .

كما تميز صنف فول الصويا الأجنبي S-100 بتحمل الملوحة ، في حين كان الصنف Tokyo أكثر حساسية (**Lee *et al.* , 2004 a**).

زهرة الشمس Sunflower

تتبايــن أصـــناف وهجــن زهرة الشمس في تحملها للملوحة وقد أظهر الهجين H 65 مستوي عالي من التحمل للملوحة مقارنة بالهجين H 94 والصنف Vidoc (**El – Hawary and Keshta , 1998**) . كما كان الصنف PAC 36– أكثــر تحمــلاً للملوحـــة مقارنـــة بالأصنـــاف APSH –1 , MSFH-8 (**Madhulety and Jyotsna , 2003**) .

السمسم Sesame

تميزت أصناف السمسم الهندية RT-46 , RT- 54 , RT-127 بتحمل الملوحـــة مقارنـــة بالصنف الحساس RT-125 (**Gehlot and Purohit , 2003**) .

القطن Cotton

أشـــارت التوصيات الزراعية إلى وجود تباين في درجة تحمل أصناف القطـــن لظـــروف الملوحة ، فقد أظهر صنفا القطن جيزه 83 وجيزه 75 درجة عالـــيه من التحمل ، وكانت الأصناف جيزه 70 ودندرة متوسطة التحمل ، في حيـــن أظهـــرت الأصـــناف جيزه 45 وجيزه 77 وجيزه 81 درجة عاليه من الحساســية ، عند زراعتها في أراضى ذات ملوحة 8 ديسيمتر/م ، تروي بمياه تصل ملوحتها إلى 7 ديسيمتر / م(Afiah and Ghoneim , 1999).

وتتمـــيز أصـــناف القطن المحلية جيزه 83 وجيزه 85 بتحمل الملوحة، حيـــث سجلت أقل القيم لدليل الحساسية للملوحة لمحصول القطن الزهر-والشعر للفـــدان مقارنـــة بالأصـــناف جـــيزه 45 وجـــيزه 86 والصـــنف الروســـي Karshenseki –2 (Moustafa , 2006).

وقـــد تمـــيز صنف القطن السوري رقه 5 التابع للنوع *G . hirsutum* بارتفـــاع محـــتوي البوتاســيوم والفوسفور والصوديوم وتحمل الملوحة مقارنة بـــالأصـــنـــاف حلـــب 133 ، ديـــر 22 وحلـــب 90 (Koubaili and Abd El – Aziz , 2005).

وفـــيما بيـــن أحـــد عشر صنفاً من القطن ، كان أكثر الأصناف تحملاً للملوحـــة الصنف Sangam يليه السلالة L J 861 ثم L-389 ، تحت مستوي ملوحة 24 ديسيمتر/ م (Subbaiah *et al.*, 1995).

وتحـــت مستويات متدرجة من الملوحة 1 ، 4 ، 8 ، 12 ديسيمتر /م وبـــناء علـــى قـــيم دليل الحساسية للملوحة ودليل التحمل وتحليل الانحدار كان الصـــنفان MESR-17 , JK 125-2-5 أكثر تحملاً للملوحة (Uma *et al.* , 1995).

وقد أعطي صنف القطن Sarvottam التابع للنوع *G. herbaceum* أقــل نقــص في النمو ومؤشرات المحصول مع زيادة مستوي الملوحة من 5.1 حــتى 14.6 ديسيمتر/ م مقارنة بالصنف **Laxmi** التابع للنوع *G. hirsutum* والصنف G. cot 15 التابع للنوع *G.arboreum* **(Uma and Patil,1996)** .

الكانولا Canola

أظهــرت دراسات التقييم لأصناف وسلالات الكانولا في خمس تجارب تمــثل بيئات زراعية مختلفة (الفيوم – الجيزة – إنشاص) إختلاف درجة ثبات وتباين نماذج البروتين بين سلالات وأصناف الكانولا . وأظهر الصنف المحلى ســرو 6 والأجنبــي Licosmos درجــة ثبات عالية تحت ظروف الأراضي المــتأثرة بالملوحة بالفيوم ، في حين يستجيب الصنف المحلى باكتول والأجنبي Evita لظــروف البيئات الجيدة ، وأظهر الصنف المستورد Star درجة ثبات متوسطة **(Azzam *et at.* , 2006)** . وتتميز سلالات الكانولا المنتخبة المبشرة عالــيه المحصول **H 1 ، H 8 ، L 4 ، L 6 ، SL 13 ، SL 18 ، SL 21 ، SL 15A** بتحمل الملوحة ، في حين كانت السلالات **, L 54 , L 55 , SL 9B** **H 2 , L 8 , L 45** أقل محصولاً تحت ظروف الأراضي المتأثرة بالملوحة في الفيوم **(Ghallab and Sharaan , 2002)** .

وإنفــردت الأصــناف الأجنبــية Eurol , Dp 94.8 بالمقاومة العالية للملوحــة ، فــي حين كانت الأصناف Fornax ، Hyola 401 ، Bristol ، Orkan ، Ceres ، Symbol ، Catles, 95102.67 أكثر حساسية للملوحــة **(Zavareh *et al.* , 2003)** .

قصب السكر Sugar cane

يصـــنف قصـــب الســـكر على أنه من المحاصيل الحساسة والمتحملة للملوحــة فـــي نفس الوقت ، ويعتمد ذلك على التركيب الوراثي للأصناف وما تحملـــه مـــن جينومات *S. sinense* , *S. barberi* , *S. spontaneum*, *S. officinalis* , *S. robustum* .

وتعتـــبر أصـــنـــاف قصـــب السكـــر CoJ 84 , CH 24 , Co 740, Coc 671 , CoS 767 , Up – 5 متحملة للملوحة ، في حين كانت الأصناف Co 449 , Co 997 , Co 1148 , CoLk 8001 متوســطة التحمل ، بينما أظهرت الأصناف CoLk 8102 , CoLk 7901 , Coj 64 حساسية للملوحة **((Dwivedi and Srivastava , 2000)** .

وتتميز أصناف قصب السكر متوسطة ومتأخرة النضج CoS 90269 , CoS 91269 , CoS 93278 , CoS 88126 بتحملها العالي للملوحة مقارنة بأصـــناف المجموعـــة المبكـــرة CoS 95255 , CoS 687 , CoS 8436 , CoS 88230 **(Srivastava *et al.*, 2003)**.

هـــذا وقد أظهر الصنف CoM 9516 درجة عالية من التحمل للملوحة يلـــيه الصـــنف CoG 93079 , Co 86032 وكان الصنف Co 85012 هو الأكثر حساسية للملوحة **(Panwar *et al.* , 2003)** .

كمـــا تمـــيزت الأصناف الهندية Bo 91 , CoS 767 , Co 1148 , Co 7717 , Co 62399 , Co 997 , Co 453 بمســـتوي عالـــي من التحمل للملوحة. هذا ويعتبر النوع *Saccharum spontaneum* مصدراً وراثياً هاماً للمقاومة للملوحة (عن: **Singh , 2001)**.

البرسيم الحجازي Alfalfa

تميزت سلالات البرسيم الحجازي المنتخبة Euver.Ş1,CUF 101-T2 AZ-Germ Salt 1 , AZ-Germ Salt 2 بتحمل الملوحة **(Flowers and Yeo 1995)** . وقد أشارت دراسات التقييم تحت ظروف الملوحة ، إلى تميز الصنف المحلى إسماعيلية 94 بتحمله العالى للملوحة يليه إسماعيلية 1 ثم جيزة 1 . **(Oushy *et al.,* 1999)**

وحسب التحمل لظروف الأراضي الجيرية ، أظهر الصنف سيوه 1 تحملاً عالياً يليه نوبارية 1 ، إسماعيلية 1 ، جيزه 1 ثم الصنف المستورد WL –605 **(Abd EL-Halim *et al.* , 1998)** .

وتحتاج برامج التربية لتحمل الملوحة إلى تعاون علماء الوراثة والفسيولوجي والكيمياء الحيوية والأراضي مع علماء تربية النبات في تطوير أصناف مقاومة للملوحة .. ويعتبر التقدم الحاصل في زراعة الأنسجة والهندسة الوراثية ذو أهمية كبيرة في المساعدة على تحقيق هذا الهدف .

الباب الخامس

السلوك الوراثي لتحمل الملوحة والصفات المرتبطة في المحاصيل الحقلية

Genetic Behaviour of Salinity Tolerance and Relevant Characters in Field Crops

يعتـــبر فهـــم الأساس الوراثى لتحمل الملوحة فى المحاصيل الحقلية من الأمور الهامة التى يجب معرفتها قبل البدء فى تنفيذ برنامج التربية ، حيث يؤثر الســـلوك الوراثى وطبيعة الفعل الجينى المتحكم فى وراثة التحمل للملوحة على إختـــيار طريقة التربية المناسبة . وفيما يلى شرح للسلوك الوراثى المتحكم فى وراثة تحمل الملوحة والصفات المرتبطة فى المحاصيل الحقلية .

القمح Wheat

عند نقل عوامل المقاومة للملوحة من النوع *Agropyron elongatum* المقاوم إلى صنف قمح الخبز Chinese Spring عن طريق التهجين ، أظهر التحلـــيل الوراثـــي للأنســـال الـــناتجة أن تأثـــيرات مقاومـــة الملوحـــة للنوع *A.elongatum* علـــى صنف قمح الخبز Chinese Spring محكومة بعوامل وراثية متفاعلة Interacting factors على مختلف الكروموسومات (**Dvorak** **et al.**, **1988**) .

وقـــد ظهر أهمية كل من التأثيرات الجينية المضيفة وغير المضيفة في وراثـــة النسبة المئوية للإنبات وعدد الجذور الجنينية وطول غمد الريشة ، مع ســـيادة المكون الوراثي المضيف في وراثة طول غمد الريشة والمكون الوراثي

غــير المضـــيف في تعبير وراثة النسبة المئوية للإنبات وطول غمد الريشة في آبـــاء وهجن الجيل الأول من القمح (**Islam *et al.* , 1999**) ، ويحكم وراثة طول غمد الريشة جينات ذات تأثير كبير وصغير Major and minor genes . (**Chowdhry and Allan , 1963**)

ويحكــم محتوى الورقة من البوتاسيوم والصوديوم ونسبة البوتاسيوم : الصـــوديوم جيـــنات تقع على الذراع الطويل للكروموسوم 4 D (**Gorham and Jones , 1990**) . وقـــد خضـــعت وراثـــة محتوى عصير الورقة من البوتاســيوم K^+ والصوديوم Na^+ والكلوريد Cl^- والمحصول ومكوناته لجينات معروفة تحت نظام التحكم الوراثي ، وبلغت تقديرات معامل التوريث في المعنى الخـــاص 70 و 95% للمحتوى الأيوني و 75 و 86% لوزن حبوب النبات في الجيلين الثاني والثالث ، على الترتيب وأنه يمكن الحصول على سلالات متحملة للملوحة عالية المحصول بطرق التربية التقليدية وإختبار النسل (**Ahsan *et al.* , 1996**) .

ولقـــد لعب الفعل الجيني السيادى دوراً في وراثة محتوي البرولين في أوراق عشـــائر خمســـة هجـــن فـــي الجيل الثالث ، وتراوحت تقديرات معامل التوريث في المعني العام من 53.1 إلى 64.4% وفي المعني الخاص من 28.8 إلى 46.4% ، في إشارة إلى تعقيد وراثة الصفة (**Hassan , 2002**) .

وبالتحليل الوراثي للمحصول ومكوناته من خلال تهجين 10 أصناف من قمـــح الخـــبز متباينة في تحملها للملوحة وتقييم الآباء والجيل الأول والثاني في تـــربة عاديـــة (ECe = 1.04 ديســـيمتر/م) وحقل أرض ملحية (ECe = 6.4 ديســـيمتر/م) ، وجـــد **Dhayal** ومســـاعدوه (**2003**) أن الموديل الوراثي المضـــيف – السيادي هو الملائم لتفسير وراثة صفات التبكير ، إرتفاع النبات ،

عـــدد سنابل النبات ، وزن حبوب السنبلة ، وزن الألف حبة ومحصول حبوب النـــبات . وقـــد إخـــتلف تأثير الفعل الجيني من ظروف الإجهاد إلى الظروف الطبيعـــية بفعـــل تأثير الظروف البيئية والتفاعل بين التركيب الوراثي × البيئة وحجـــب الاخـــتلافات الوراثـــية تحت ظروف الإجهاد . وكانت تأثيرات الفعل الجيني المضيف والسيادي معنوية ، إلا أن تقديرات الفعل الجيني السيادي كانت أعلـــى من الفعل الجيني المضيف لجميع الصفات عدا التبكير في النضج ، في إشارة إلى أهمية السيادة الفائقة في وراثة تلك الصفات . وكانت تقديرات معامل التوريث في المعني الخاص مرتفعة لصفات التبكير وإرتفاع النبات ووزن الألف حـــبه تحت ظروف الأجيال والبيئات ، ومتوسطة لعدد سنابل النبات ومحصول الحبوب تحت الظروف العادية والملوحة ، في الجيلين الأول والثاني .

الشعير Barley

لعـــب الفعل الجيني السيادي الدور الرئيسي في وراثة طول الريشة في آباء وهجن الجيل الأول ، ويحكم وراثة طول الريشة جينات ذات سيـــادة فائقة بمعـــامل توريث مرتفع نسبياً في المعني العام والخاص ، وذلك بعد 10 أيام من التحضـــين فـــي محلول كلوريد الصوديـــوم 250 mMعند مرحلـــة الإنبـــات . (Mano and Takeda , 1997a and b)

وبتقدير معامل التوريث في المعني العام لمحصول الحبوب للهكتار تحت مستويين للملوحة أحدهما منخفض (EC للتربة = 7.84 و EC لمياه الري 8.23 ديسيمتر/م) والأخر عالي (EC للتربة = 13.68 و EC لمياه الري = 12.65 ديسـيمتر/م) ، إنخفضت تقديرات معامل التوريث مع زيادة إجهاد الملوحة من 80% تحت مستوي الملوحة المنخفض إلى 78% تحت مستوي الملوحة العالي

فـــي ســـلالات الشـــعير ذات الستة صفوف ومن 67% تحت مستوي الملوحة المنخفض إلى 61% تحت مستوي الملوحة العالي لسلالات الشعير ذات الصفين (Afiah *et al.,* 2001) ، فـــي حيـــن حصل Singh (2004) على تقدير منخفض (28%) لمحصول حبوب الشعير تحت ظروف الملوحة.

الأرز Rice

بدراسة السلوك الوراثي للمقاومة للملوحة في الأرز بتقدير نمو الجذور فـــي محلـــول 80 mM من كلوريد الصوديوم في الجيل الأول والثاني والهجن الرجعـــية فـــي هجينيـــن ، أوضح **Jones and Stenhouse (1984)** أهمية التبايـــن الوراثـــي المضيف في وراثة المقاومة للملوحة في هجين والسيادي في الهجين الثاني ، وظهرت إنعزالات فائقة الحدود في صالح المقاومة . وتراوحت تقديـــرات معـــامل التوريث في المعني العام من 49- 83 % . وأشارت نتائج الجـــيل الثانـــي إلى وجود عدد قليل من الجينات تتحكم في مقاومة الملوحة في الهجن المدروسة.

ولقـــد لعـــب الفعـــل الجينـــي السيادي دوراً رئيسياً في وراثة محتوي البوتاسيوم ، إلا أن تقديرات معامل التوريث في المعني الخاص كانت أكبر من 50% **(Sayed-Ahmed *et al.* , 1999)** ، فـــي حين كان الموديل الوراثي غير البسيط والتفوق من النوع المكمل والمضاعف هو المتحكم في وراثة نسبة الصوديوم : البوتاسيوم والمحصول ومساهماته في ثماني هجن بين ستة أصناف متبايـــنة في تحملها للملوحة **(Thirumeni *et al.* , 2000)** . وكانت تأثيرات الفعـــل الجينـــي المضيف أكثر أهمية في وراثة القدرة على الضبط الاسموزي ومحـــتوي الكلوروفـــيل تحـــت ظروف الملوحة ، بينما لعب الفعل الجيني غير

المضيف الدور الرئيسي في وراثة القدرة على إمتصاص الصوديوم والبوتاسيوم (Shehata , 2004) .

الذرة الشامية Maize

يتميز نبات الذرة الشامية بتعدد الأشكال المظهرية Polymorphic والاختلافات الوراثية Genetic variability الهائلة نظراً لطبيعة التلقيح الخلطي السائد في هذا المحصول . وقد أشارت الدراسات المبدئية إلى وجود إثنين على الأقل من الجينات الرئيسية المسئولة عن تحمل الملوحة وأنه توجد علاقة وراثية لتحمل الذرة الشامية لظروف الأراضي الملحية – الصودية (Nordquist *et al.* , 1992) .

وبالتحليل الوراثي لنباتات الجيل الثاني الناتجة من تهجين آباء متباينة في محتواها من البيتين Betaine ، ظهر أن نقص محتوي البيتين في سلالة الذرة الشامية المرباه داخليا 1506 يرجع إلى جين نووي فردي متنحي (Rhodes and Rich , 1987) .

وعند تقييم 10.000 بادرة من الصنف Akber عند مستوي ملوحة 180 mM كلوريد صوديوم ، أظهرت 18 بادرة قدرة على البقاء حية وتميز نسلها بالتحمل العالي للملوحة . وظهر أهمية كل من الفعل الجيني المضيف وغير المضيف في وراثة تحمل الملوحة عند مرحلة البادرة عمر 10 أيام، وبلغت قيم معامل التوريث في المعني العام 70% والخاص 40% ، على الترتيب (Rao and McNeilly , 1999) . وعند تقييم إستجابة نمو الجذور لبادرات عمر 10 أيام لمائه تركيب وراثي من الذرة الشامية عند تركيزات (صفر ، 60 ، 80 ، 150 mM كلوريد الصوديوم) ، كانت تقديرات معامل

التوريـــث في المعني العام عالية لطول الجذر المطلق والنسبي ، في إشارة إلى إمكانية تحسين تحمل الذرة الشامية للملوحة من خلال برامج التربية والانتخاب . (**Khan *et al.* , 2003**)

الذرة الرفيعة **Sorghum**

أظهـــرت الدراسات الوراثية أن المقاومة للملوحة تورث من السلالات الأبوية ومحكومة بعديد من الجينات غير الأليلية ذات السيادة أو السيادة الفائقة. وعند تقييم ستة هجن من الذرة الرفيعة تحت مستوي ملوحة 100 و 150 mM من محلول كلوريد الصوديوم ، ظهرت قوة هجين معنوية مقارنة بمتوسط الآباء نتـــيجة تفاعل الجينات المضيفة وغير المضيفة ، كما ظهرت قوة هجين مقارنة بالأب الأحسن أعزيت لتأثير جينات السيادة الفائقة (**Azhar *et al.*, 1998**).

وكانـــت تأثـــيرات القـــدرة العامـــة على الائتلاف سالبة ومعنوية لدليل الحساسية للملوحة لمحصول الحبوب للتراكيب الوراثية الأبوية , ICSA – 37 ICSR- 91022 ، فـــي إشارة إلى تحملها وقدرتها على إنتاج هجن أكثر تحملاً للملوحـــة ، في حين كانت تأثيرات القدرة الخاصة على الائتلاف سالبة ومعنوية لدليل الحساسية للملوحة لمحصول الحبوب في الهجين ICSA – 1 x ICSR – 91022 . ويدل ذلك على إمكانية استغلال ظاهرة قوة الهجين في إنتاج هجن أكثر تحملا للملوحة من الذرة الرفيعة (**El – Menshawi *et al.*, 2003**).

الفول البلدي **Faba bean**

بتقدير معامل التوريث في المعني العام لبعض الصفات المرتبطة بتحمل الملوحة في الفول البلدي ، كانت قيم معامل التوريث مرتفعة (76%) لصفة عدد

البادرات المتكشفة عمر 21 يوم ، ومتوسطة (35 %) تحت مستوي الملوحة المرتفع ، في حين كانت تقديرات معامل التوريث منخفضة (24 %) لصفة عدد النباتات القادرة على البقاء حتى الحصاد عند مستوي ملوحة التربة المتوسط (من 2.5-3.4 ملليموز/سم) (**Darwish *et al.* , 2003**) .

فول الصويا Soybean

أظهرت الدراسات الوراثية أن القدرة على التحكم في إمتصاص أيون الكلوريد محكومة بجين فردي (**Abel and Mackenzie , 1964**) .

وعند التهجين بين أصناف من فول الصويا متباينة في إستبعاد أيون الكلوريد وتقدير المقاومة للملوحة في صورة نكرزة الأوراق Leaf necrosis ومحتوي الكلوريد بالأوراق أشارت نتائج الانعزال إلى وجود جين فردي سائد *Ncl* يتحكم في القدرة على إستبعاد أيون الكلوريد (عن : **Singh , 2004**). وأظهر التحليل الوراثي لتحمل الملوحة في سلالات 5 : F2 للهجين بين الصنف S-100 المتحمل للملوحة × الصنف Tokyo الحساس للملوحة ، تباين تقديرات معامل التوريث لتحمل الملوحة من 48% تحت ظروف الصوبة إلى 85% تحت الظروف الحقلية(**Lee *et al.* , 2004a**) .

القطن Cotton

أظهر التحليل الوراثي لتحمل الملوحة من خلال تقدير النسبة المئوية للإنبات للبذور المعرضة لمحلول 1 % كلوريد الصوديوم ، أهمية كل من الفعل الجيني المضيف وغير المضيف في وراثة التحمل وكانت تقديرات معامل

التوريث في المعني العام عاليه وفي المعني الخاص متوسطة **(YingXin and Xiang Ming , 1998)** .

ويعتبر الموديل الوراثي البسيط هو الملائم لتفسير وراثة كل من محتوي البوتاسيوم والصوديوم والماغنسيوم والبرولين ، ولعب الفعل الجيني المضيف دور رئيسي في وراثة تلك الصفات في معظم الهجن المدروسة . وحصل **سالم وآخرون (2006)** علـى تقديرات مرتفعة (< 50 %) لمعامل التوريث في المعنـي الخـاص لمحـتوي البوتاسيوم والماغنسيوم ، وتقديرات تراوحت من منخفضة 5.93 إلى متوسطة 48.8 لمحتوي الصوديوم والبرولين.

الكانولا Canola

بالتحلـيل الوراثي لدياليل الكانولا (8 × 8) للصفات المرتبطة بتحمل الملوحـة ، عُرضت الآباء وهجنها إلى مستويات متزايدة من كلوريد الصوديوم في محلول هوجلاند في مزارع رملية حتى الوصول إلى درجة توصيل كهربي 12.9 ديسـيمتر/م . أظهرت النتائج أهمية كل من الفعل الجيني المضيف وغير المضـيف فـي وراثة صفات الوزن الجاف للمجموع الخضري وطول الجذر ومحتوي المجموع الخضري من الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيـوم ونسبـة K^+ / Na^+ , Ca^{2+} / Na^+ ودلـيل الـتحمل ودليل تحمل الملوحة . وقد سجلت تقديرات مرتفعة لمعامل التوريث في المعني الخاص (< 50%) لصفات محتوي الكالسيوم والبوتاسيوم والصوديوم ونسبة K^+/ Na^+ , Ca^{2+}/ Na^+ ودليل تحمل الملوحة **(Rezai and Saeidi , 2005)** .

ولقـد سجل **Marwede وآخرون (2004)** تقديرات منخفضة لمعامل التوريث لمضادات الأكسدة تراوحت من 23 - 44 % لمركب α توكفيرول ومس

33 – 50% لمركـــب γ توكفيرول فى الحالات المختلفة ، وأعزي ذلك إلى التفاعل المعنوي بين التركيب الوراثي × البيئة.

وبدراســة وراثــة بعض الصفات المحصولية تحت ظروف الأراضي حديـثة الاستصلاح المتأثرة بالإملاح ، سجل **شرعان وغلاب (2002)** تقديرات لمعامل التوريث بلغت 16.06 ، 43.12 ، 84.73% وقيم تحسين وراثى متوقع بالانـــتخاب 11.71 ، 12.40 ، 3.71% لصـــفات محصول بذور الفدان ودليل البذرة ومحتوي البذرة من الزيت ، على الترتيب.

البرسيم الحجازي Alfalfa

لقــد أمكن تعيين سبعة جينات في أصناف البرسيم الحجازي ، مسئولة عن إنتاج بروتينات مرتبطة بالمقاومة للملوحة هي *psaB* ، *psbD* ، *rbcS* ، *pCab1* ، *pCab4* ، *rbcL* ، *atpB* (**Winicov and Button, 1991**).

وأشـــارت نـــتائج الدراسات الوراثية أن قيمة معامل التوريث للمقاومة للملوحـــة فـــي صورة النسبة المئوية للإنبات بلغت 50% في البرسيم الحجازي (عن : **Singh , 2004**) .

الباب السادس

إستراتيجية التربية لتحمل الملوحة والمحصول

Breeding Strategy for Salinity Tolerance and Yield

يعتــبر وضع برامج منظمة لإنتاج أصناف من المحاصيل الحقلية تتميز بــتحمل ظروف الملوحة والقدرة المحصولية العالية ، من الإستراتيجيات الهامة لمــربى النبات فى برامج التربية . وهناك ثلاثة مقاييس هامة ينبغى وضعها فى الاعتبار فى موضوع تحمل المحاصيل للملوحة هى :

1- قدرة صنف المحصول على الحياة تحت ظروف الأراضي الملحية.

2- كمية محصول الصنف حينما يزرع في أرض ملحية.

3- كمــية المحصــول المتحصل عليه من صنف المحصول كنسبة مئوية من محصوله العادي على أرض عادية غير ملحية.

ويعتــبر المقــياس الثالــث هو الأكثر قبولاً . ويعتبر صنف المحصول متحملاً للملوحة ويمكن من الناحية الاقتصادية زراعته في الأراضي الملحية إذا أمكن الحصول منه على 50 % من محصوله في الأراضي العادية . فلو فرض أن إنتاجية صنف من الأرز هي 4 طن في أرض عادية ... فهذا الصنف يعتبر من الأصناف التــي تتحمــل الملوحــة إذا أنتــج 2 طــن فــي أرض ملحيــة (> 4 -8 ملليموز/سم) .

مستويات تحمل المحاصيل للملوحة

Levels of crop tolerance to salinity

يمكــن التعبــير عــن درجة تحمل نباتات المحاصيل للملوحة باستخدام المعادلة الآتية (Maas , 1990) :

$$Y_t = 100 - b(EC_e - a)$$

حيث :

Y_t : النسبة المئوية للمحصول النامي تحت ظروف ملحية بالمقارنة بالمحصول النامي تحت ظروف غير ملحية مع ثبات العوامل الأخرى .

a : المستوي الحرج Threshold level لملوحة التربة والذي عنده لا يتأثر المحصول ويبدأ بعده المحصول فى التناقص (جدول 1-15) .

b : النسبة المئوية للنقص في المحصول لكل وحدة زيادة في الملوحة أعلى من قيمة المستوي الحرج (a)

Ec_e : ملوحة مستخلص عجينة التربة المشبعة (ديسيمتر/م) .

جدول (1 – 15) : درجة تحمل بعض المحاصيل للملوحة .

المحصول	الحد الحرج للملوحة (ديسيمتر / م)	درجة تحمل الملوحة [b]
	محاصيل حبوب ، ألياف وزيت	
الشعير	8.0	T
الذرة الشامية	1.7	MS
القطن	7.7	T
الفول السوداني	3.2	MS
الأرز	3.0	S
الراي	11.4	T
الذرة الرقيعة	6.8	MT
فول الصويا	5.0	MT
القمح	6.0	MT
	حشائش ومحاصيل أعلاف	
البرسيم الحجازي	2.0	MS
البرسيم الأحمر	1.5	MS
حشيشة Fescue الطويلة	3.9	MT
حشيشة الأوركارد	1.5	MS
الدحريج	3.0	MS

b :هذه البيانات يسترشد بها للاستدلال على درجة تحمل المحاصيل المختلفة للملوحة

T = متحمل للملوحة ، MT = متوسط التحمل للملوحة .

S = حساس للملوحة ، MS = متوسط الحساسية للملوحة (عن : Maas, 1990) .

هــذا وقد وجدت إختلافات معنوية بين المحاصيل في مقاومتها للملوحة في صورة YS_{100} , YS_{50}

ويعـــرف YS_{100} ، حـــد الملوحة الحرج Threshold salinity : بأنه مســـتوي الملوحـــة الأقصى والذي عنده لا يحدث نقص في إنتاجية المحصول ويتراوح بين 1 ديسيمتر/م في حالة البقوليات إلى 8 ديسيمتر/م في حالة الشعير والقطن.

بيـــنمـــا يعرف YS_{50} : بأنه مستوي الملوحة والذي عنده يحدث نقص 50% فـــي إنتاجـــية المحصـــول ويتراوح من 4 ديسيمتر/م للبقوليات إلى 15 ديسيمتر/ م للشعير والقطن (جدول 1 – 16) .

جدول (1 – 16) :الاختلافات في مستوي المقاومة للملوحة للمحاصيل المختلفة

المحصول	حد الملوحة الحرج (YS_{100})*	(YS_{50}) **
البقوليات	1 ديسيمتر/ م	4 ديسيمتر / م
البصل	1 ديسيمتر/ م	4 ديسيمتر / م
الشعير	8 ديسيمتر / م	15 ديسيمتر / م
القطن	8 ديسيمتر / م	15 ديسيمتر / م
بنجر السكر	8 ديسيمتر / م	15 ديسيمتر / م
القمح	3 ديسيمتر / م	9 ديسيمتر / م

*YS_{100} : مستوي الملوحة الأقصى والذي عنده لا يوجد نقص في إنتاجية صنف المحصول

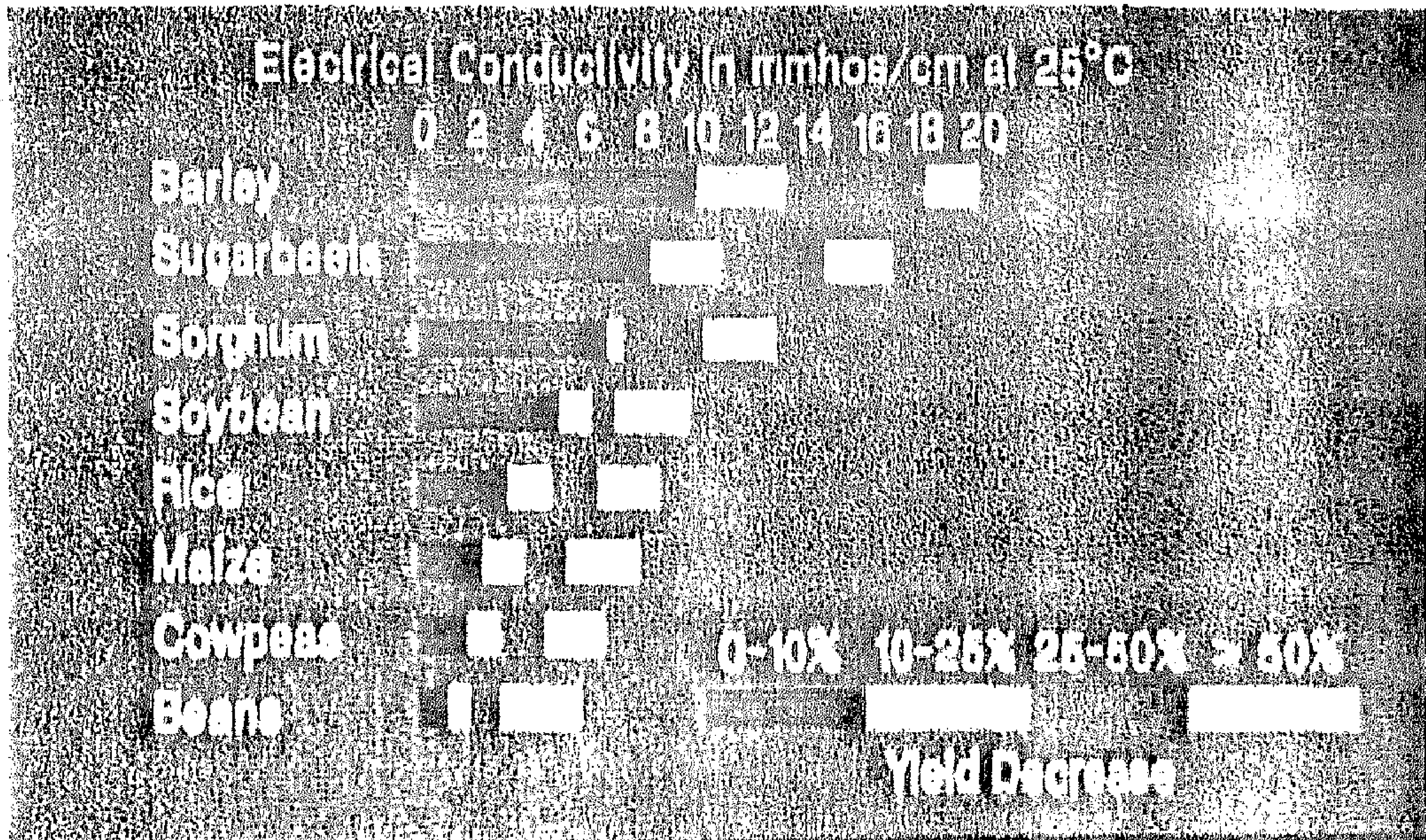
**YS_{50} : مستوي الملوحة والذي عنده تنخفض إنتاجية صنف المحصول بنسبة 50%.

علاقة الملوحة بالمحصول Salinity in relation to yield

يعتبر متوسط المحصول وتحليل الارتباط والإنحدار ومعامل المرور من الدلائـــل الانتخابية الهامة التي يفضل تقديرها في برامج التربية لتحمل الملوحة. ويعتبر الانتخاب لمتوسط المحصول هو أساساً إنتخاب لأكثر الأصناف إرتفاعاً في كمية المحصول ، أما الانتخاب من خلال تحليل الارتباط والانحدار ومعامل المرور فيعتمد على الأداء الثابت للصنف تحت مدي واسع من البيئات. ويعتبر الوصول إلى المحصول العالي من الاستراتيجيات الهامة في برامج التربية .

ولقـــد تضـــمنت مجهـــودات التربية عن طريق الانتخاب والتهجين بين الأصـــناف المـــنزرعة والأقارب البرية ، بهدف زيادة الاختلافات الوراثية التي تمكن من الانتخاب وعزل تراكيب وراثية تتحمل ظروف الملوحة .

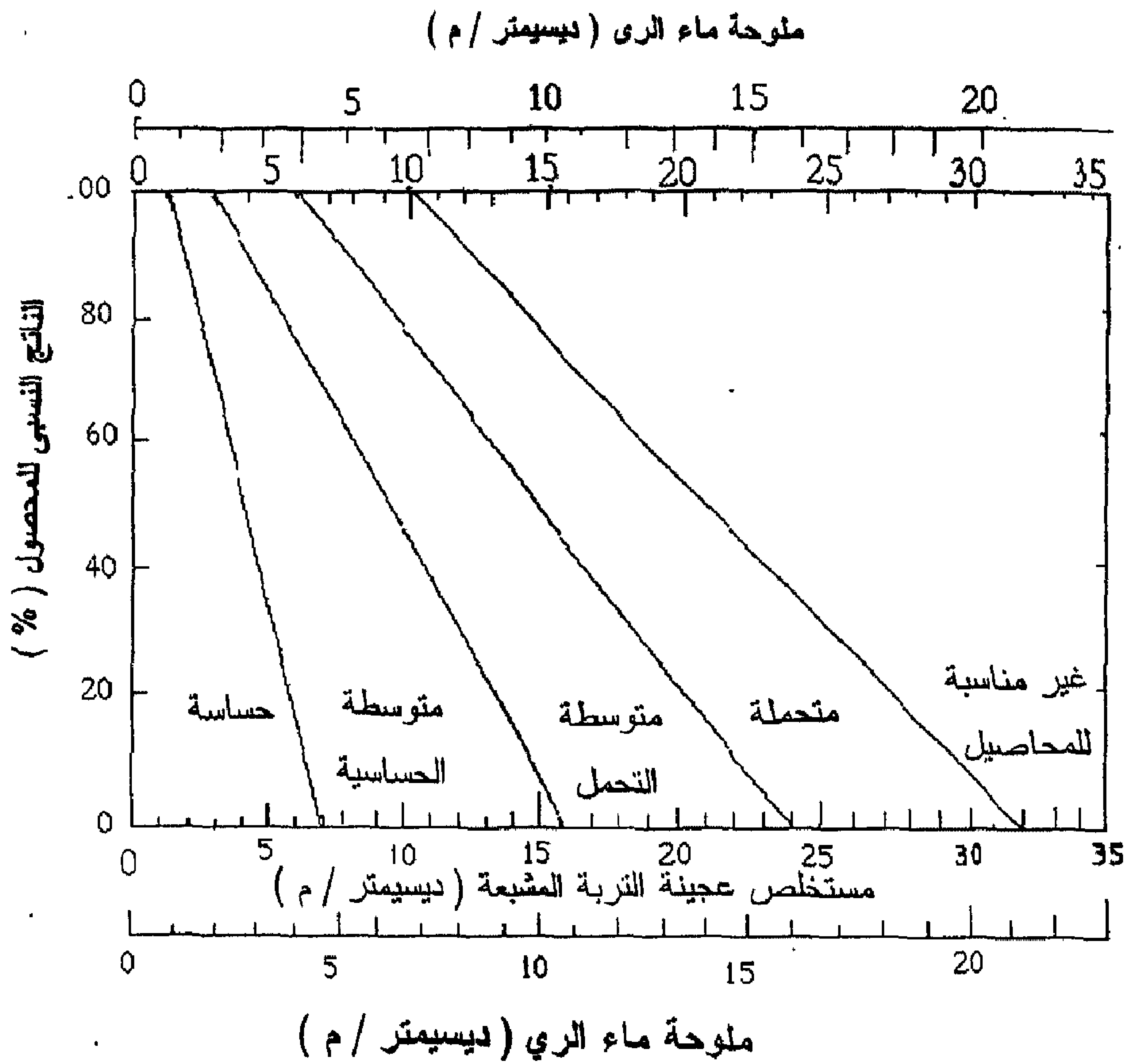
وممــــا لا شك فيه ، أن للملوحة تأثيرات على كمية المحصول والصفات المرتـــبطة فى الأنواع النباتية المختلفة (شكل 1 – 6) . وتتوقف درجة تأثير الملوحـــــة علـــى نمـــو النبات على عدة عوامل منها المناخ ، ظروف التربة ، العمليات الزراعية ، إدارة الري ، نوع وصنف المحصول ومرحلة النمو.



شكل (1 – 6) : النقص فى إنتاجية المحاصيل الحقلية تحت تأثير ملوحة التربة

فالملوحـــة عادة لا تؤثر في المحصول إلا عند تجاوز مستوى الملوحة تركيز معين يختلف باختلاف النوع النباتى ، وهذا التركيز المعين هو ما يطلق علـــيه المســـتوي الحرج للملوحة . وبوجه عام فإن المحصول الناتج من معظم النباتات يقل بزيادة الملوحة .

وقــد قســم **Maas and Hoffman (1977)** نباتات المحاصيل إلى خمســـة أقسام تبعا لدرجة تحملها للملوحة على أساس درجة التوصيل الكهربائي لمستخلص عجينة الأرض المشبعة (شكل 1 – 7) .



شـــكل (1-7) : أقســـام تحمـــل نـــباتات المحاصيل لملوحة ماء الري وملوحة التربة وعلاقة ذلك بالناتج النسبي للمحصول (عن: **Maas and Hoffman, 1977**).

وقـــد أشارت الدراسات التجريبية ، أنه عند تقييم أداء ستة أصناف من القمح تحت مستويات ملوحة 4 ، 6 ، 9 ، 12 ديسيمتر/ م (جدول 1 – 17) وجد Chopra and Chopra (1997) أن متوسط قيم مكونات المحصول قد إنخفــض معــنوياً فـــي جميع الأصناف بزيادة مستويات ملوحة ماء الري وبلغ متوسط الإنخفاض فى المحصول 46.2% عند مستوي الملوحة المرتفع مقارنة بالكنترول . وقد أعطي الصنفان Kharchia 65 , HD 2189 أعلى محصول ، بيـــنما أنـــتج الصـــنف WD 416 أقـــل كمية محصول . وكان الانخفاض في المحصـــول عند مستوي 12 ديسيمتر/ م أقل ما يمكن في الصنف Kharchia 65 ، بينما كان أعلى إنخفاض في الصنف WD 416 .

جدول (1 – 17) : تأثير ملوحة ماء الري على المحصول ومساهماته لبعض أصناف القمح

المعاملة	إرتفاع النبات (سم)	عدد سنابل / المتر الطولى	طول السنبلة (سم)	وزن 100 حبة (جم)	محصول الحبوب (q / ha)
درجة التوصيل Ec					
4.0	61.7	82.1	6.3	4.63	23.68
6.0	55.3	66.8	6.1	4.26	19.12
9.0	49.9	52.1	5.3	4.22	13.19
12.0	48.3	45.4	5.5	3.62	12.74
LSD 0.05	7.3	17.0	0.48	0.76	3.41
الأصناف					
HD 2189	65.7	74.8	6.2	3.78	22.05
WH 157	56.5	47.6	6.4	4.90	18.34
WH 147	47.5	57.2	5.0	4.22	13.56
WH 283	42.7	52.1	5.4	3.90	11.81
Kharchia 65	71.1	85.6	6.2	4.05	22.10
L.S.D. 0.05	5.4	13.1	0.61	0.46	3.10

(عن : Chopra and Chopra , 1997) .

وأظهرت معادلة الانحدار الخطي تميز الصنفان Kharchia 65 , HD 2189 بـــأقل إنحـــدار وأقل إنخفاض في المحصول لكل زيادة وحدة واحدة من الملوحـــة وكذلك عند أعلى درجة لملوحة ماء الري (ECiw) تسبب نقص 50% فـــي المحصـــول(جـــدول 1- 18) . ويـــتفق ذلـــك مع نتائج **Maas and Hoffman(1977)** التي أشارت إلى أن الصنف الذي يُظهر أقل إنحدار وكذلك أعلـــى قـــيم (ECiw) التي تسبب نقص 50% في المحصول يعتبر صنفاً مقاوماً للملوحة .

جـــدول (1 – 18) : المحصول الأقصى وقيم الحد الحرج ونقص 50 % للمحصول فى بعض أصناف القمح تحت مستويات الملوحة المختلفة .

R^2	Regression-equation	50% yield decline EC_{iw}	Slop	Ym EC_{iw}	الصنف
0.96	-1.50x33.72	11.24	0.051	29.0	HD 2189
0.94	-1.72x31.67	9.20	0.064	26.8	WH 157
0.85	-1.26x23.33	9.20	0.062	20.0	WH 147
0.92	-1.28x25.21	9.84	0.062	20.4	WH 283
0.98	-1.24x21.48	8.66	0.073	16.9	WH 416
0.93	-1.39x32.97	11.85	0.048	28.7	Kharchia 65

Ym : المحصول عند أفضل رطوبة ميسرة .

Slop : معدل النقص في المحصول لكل وحدة زيادة في الملوحة عن الحد الحرج.

(عن : Chopra and Chopra , 1997).

وتتبايـــن سلالات القمح في إستجابتها للملوحة ، ويعكس تجزئة مكونات التبايـــن المظهـــري للســـلالات أن حوالي 60 % من الاختلاف في محصول الحـــبوب والمحصـــول البيولوجي ودليل الحصاد يرجع إلى مستويات الملوحة والسلالات. كما يعكس التفاعل المعنوى بين السلالات والملوحة وجود إختلافات

وراثية بين السلالات ، ويمثل هذا التفاعل 20% في حالة المحصول البيولوجي ومحصول الحبوب و 40% لدليل الحصاد . وتشير نتائج الدراسة أيضا إلى أن محصـــول الحـــبوب العالي تحت ظروف الإجهاد الملحي يعتبر معياراً إنتخابياً أفضـــل مـــن المحصول البيولوجي أو دليل الحصاد أو دليل الحساسية للإجهاد **(Jafari-Shabestari *et al.*, 1995)** .

هذا وقد وجد أن التحمل يرتبط مع زيادة محصـــول حبـــوب السنبلـــة **(Singh and Rana , 1985)** ، وأن النقص في عدد الأفرع المنتجة هو أكثر المكونـــات المسببة لنقص المحصول تحت ظروف الملوحة **(Maas *et al.* , 1996)**.

وقـــد دلت نتائج الدراسات على أن محصول سنبلة الساق الرئيسي في القمح يبدو أقل تأثراً بالملوحة في الأصناف المتحملة مثل الصنف Anza والذي تفـــوق محصوله بحوالي 10% عن الصنف Yecora Roja مع زيادة مستوي الملوحـــة من – 0.05 Mpa إلى – 0.65 Mpa وبمقدار الضعف عند مستوي الملوحة العالي – 0.85 Mpa . وعلى الجانب الآخر ، تتأثر سعة التفريع وعدد الأشـــطاء المنتجة بالملوحة . لذا فإن زيادة كثافة نباتات القمح ربما يلعب دوراً هاماً في تعويض إنتاجية محصول الحبوب تحت ظروف الملوحـــة **(Grieve *et al.*, 1992)** .

وقـــد أكدت دراسات الارتباط ومعامل المرور ، على أهمية صفات عدد سنابل النبات ووزن القش ووزن حبوب سنبلة الساق الرئيسي في تباين محصول حـــبوب القمـــح بحيـــث يمكن إستخدامها في الانتخاب للمحصول العالي تحت ظروف الأراضي المتأثرة بالملوحة **(Ahmad *et al.*, 2006)** .

وقـــد لوحظ في البقوليات مثل الفول البلدي ، نقص معنوي في صفات النســـبة المـــئوية للتكشـــف ونســـبة النـــباتات القادرة على البقاء حتى الحصاد ومحصـــول بذور القطعة مع زيادة متوسط ملوحة التربة من 1.95 ، 2.95 إلى 4 ملليموز / سم ، حيث سجل **درويش وآخرون (2003)** تناقص في محصول البـذرة بلــغ 50% عند المستوي المتوسط و 70% عند المستوي العالي وظهر عظـــم تأثير الملوحة على أداء الصفات المختلفة عن تأثير التراكيب الوراثية أو تفاعلهمـــا مع مستويات الملوحة . وقد سلكت الأصناف المدروسة سلوكاً متبايناً فـــي المواســـم أو المواقع وتحت مستويات الملوحة المختلفة . ويشير ذلك إلى أهمـــية توســـعة القاعدة الوراثية للأصناف الممكن التوصية بزراعتها في بيئات مخـــتلفة باســـتنباط الأصـــناف التركيبية التي تؤمن الإنتاجية من خلال التأثير التنظيمى Buffering effect تحت تأثيرات الملوحة وظروف البيئة المعاكسة، مـــع الأخـــذ فـــى الاعتـــبار ضـــرورة تحسين البيئة الملحية عن طريق بعض المعـــاملات الزراعية التي يمكن أن تخفف من التأثيرات الضارة للملوحة على النبات .

وتؤثـــر الملوحـــة علـــى صـــفات النمو وتكوين العقد الجذرية وتثبيت النيتروجين في الحمص ، حيث صاحب زيادة مستويات الملوحة من صفر ، 50 ، 75 إلى 100 mM كلوريد صوديوم ، حدوث نقص معنوي في صفات وزن الجـــذور والســـوق والنـــبات الفردى والتأثير على تكوين العقد الجذرية وتثبيت النيتروجين في الأصناف الحساسة (**Singh *et al.* , 2003c**) .

وفـــى القطـــن لوحـــظ حدوث نقص معنوي في محصول القطن الشعر والزهـــر للفـــدان وصـــفات عدد الأفرع الثمرية وعدد اللوز على النبات ووزن اللـــوزة ودلـــيل الـــبذرة والنسبة المئوية للزيت مع زيادة مستويات الملوحة من

2000 ، 4000 ، 6000 إلى 8000 جزء في المليون تحت ظروف رأس سدر. وقد بلغت نسبة النقص فى محصول القطن الزهر للفدان في بعض الحالات أكثر من 50% (**Moustafa, 2006**) . في حين لاحظ **Afifi** وآخرون **(1995)** حدوث تحسن في محصول القطن الزهر للفدان مع زيادة مستوي الملوحة.

وتحت ظروف الهند ، بلغت نسبة الفاقد في الإنتاج الكلي ومحتوى السكروز في قصب السكر نتيجة تأثير الملوحة حوالي 10–20% وفاقد المحصول بحوالي 20-30% **(Dwivedi , 1995)**.

الباب السابع

جهود التربية لتحمل الملوحة
Breeding Efforts for Salinity Tolerance

تمثل الملوحة واحدة من المشاكل السائدة في الزراعات المروية . ويعتبر التحسين الوراثي لتحمل المحاصيل الرئيسية للملوحة هدف جوهري في برامج التربية .

وتتطلب عملية إكتشاف التراكيب الوراثية المقاومة للملوحة إجراء عملية غربلة لجيرمبلازم المحصول بتعريض عدد كبير من السلالات للملوحة وإختيار الأفضل في متوسط السلوك . وعند تعيين التركيب الوراثي أو النبات المتحمل للملوحة ، فإن الخطوة التالية هي تحسين صفاته المحصولية بإتباع طرق التربية المناسبة.

وعموماً ، يعتمد أي برنامج تربية على وجود إختلافات وراثية Genetic variability تسمح بتنفيذ برنامج تربية على أساس سليم وأيضاً على تحديد المعايير الانتخابية المرتبطة بتحمل الملوحة من خلال تعيين درجة الإرتباط بين تحمل الملوحة والصفات المرتبطة سواء المورفوفسيولوجية و الكيموحيوية والمحصولية .

الاستيراد وبنوك الجينات Introduction and gene banks

يعتبر إستغلال المصادر الوراثية وعمل بنوك الجينات ذو أهمية في المحافظة على المواد الوراثية ، حيث يقوم العاملون في بنوك الجينات بعمل حصر وتوصيف وتعريف المواد الوراثية وتحديد المنشأ وأخذ بصمة دنا .

وتحت الظروف المصرية ، تمكن العاملون ببنك الجينات القومى بالجيزة منذ عام 2004 من تجميع 12.000 عينة من المحاصيل الحقلية والبستانية المتحملة للملوحة والجفاف لتعظيم الإستفادة من الموارد الوراثية المتاحة لتلبية إحتياجات مربى النبات . كما أمكن جلب عديد من المحاصيل المتحملة للملوحة وزراعتها تحت الظروف المصرية منها الكانولا والجوجوبا والجوايال والكوخيا.

الانتخاب Selection

تمثل العشائر النباتية المنزرعة تحت ظروف الملوحة مستودع جيني يسمح بإجراء عملية الانتخاب الطبيعي أو الصناعي في عديد من الأنواع النباتية لعزل تراكيب وراثية متحملة على أساس التباين الوراثي المضيف . وتعتبر عملية إنتخاب النباتات الحاملة للصفات المرغوبة سواء التركيبية والفسيولوجية أو الكيموحيوية المسئولة عن تحمل الملوحة مع ثبات المحصول وإنخفاض دليل الحساسية للملوحة من المقاييس المستخدمة في دراسة متوسط سلوك التراكيب الوراثية وتصنيفها إلى متحملة أو حساسة للملوحة .

وقد تمكن **Epstein وآخرون (1980)** بعد دوره واحدة من الانتخاب فى مستوي من الملوحة يعادل 50 % من ملوحة ماء البحر ، عزل سلالات من القمح تميزت بأداء ومتوسط سلوك أفضل مقارنة بأكثر أصناف القمح الهندية تحملاً (Kharchia) ، وأنه يمكن تحقيق تحسين في تحمل القمح للملوحة بإجراء الانتخاب لعدد من الأجيال.

كما ساهم الانتخاب الإجمالي في البرسيم الحجازي على مدي خمس دورات في تحسين تحمل الملوحة في السلالات الناتجة **(Allen *et al.*,1985)**.

وقــد أمكــن بالانــتخاب إنــتاج بعض أصناف الأرز المتحملة لتصلح للزراعة في الأراضي ذات مستوي الملوحة المرتفع.

وفــي الكــانولا أمكن إنتخاب 11 سلالة محسنة المحصول ، تسع منها تعتــبر مــتحملة للملوحــة ومناســبة للزراعة في الأراضي حديثة الاستصلاح والمــتأثرة بالملوحة ، إعتماداً على المؤشرات الوراثية ومعامل التوريث ومقدار التحسين الوراثي المتوقع (Ghallab and Sharaan , 2002) .

ولقــد أســهم الانــتخاب ، في إنتاج عديد من أصناف محاصيل القمح والشــعير والأرز والقطن والكانولا والبرسيم المتحملة للملوحة ، مع المحصول العالي في عديد من مناطق العالم.

التهجين Hybridization

يعتــبر إختيار الآباء الداخلة في برامج التهجين عالية القدرة المحصولية المــتحملة للملوحــة ، جــيدة الــتآلف ، مفيداً في إعطاء الفرصة لزيادة التأثير المضــيف للجينات خلال الأجيال وظهور سلالات متميزة أثناء مراحل برنامج التربية.

ويفيد تقدير معامل التوريث والقدرة على الائتلاف لمختلف الصفات في فهــم طبــيعة وراثة الخصائص المرتبطة بتحمل الملوحة ، وتساعد معلمات دنا فى تعيين الجينات المتحكمة فى الصفات المرتبطة بالتحمل والإسراع من برنامج التربية.

ويفيد التهجين في نقل جينات المدخلات الأجنبية إلى الأصناف الحساسة. وتوجــد عديد من الأمثلة في هذا المجال في محاصيل الحبوب والبقول والزيت. فقــد حقق التهجين بين الآباء المتبوع با لإنتخاب والتهجين الرجعي نجاح واسع

في مجال التربية لمقاومة الأمراض والحشرات والتي يحكمها جينات فردية ، إلا أنه في حالة الملوحة فإن الأمر مختلف فالمقاومة للملوحة ليست صفة بسيطة ، فالاتجـــاه البديل هو محاولة إدخال صفات معينة مرتبطة بالمقاومة للملوحة مثل الصـــفات الفســيولوجية والمحكومـــة بعدد Number وليس بعديد Many من الجينات خاصة إذا ما توفرت هذه الصفة بين التراكيب الوراثية للمحصول نفسه.

وبالانـــتخاب المنســب في عشائر الجيل الثاني لـــ 19 هجين بين آباء متباينة في تحملها للملوحة من قمح الخبز ، تمكن **عافية ودرويش (2003)** من إنـــتخاب 26 ســـلالة من الجيل الخامس ، كان أكثرها تفوقاً في تجارب مقارنة المحصـــول وتحمل الملوحة ، السلالات سيوة 1 ، 18 و 25 ، تحت ظروف واحة سيوة.

وقد أمكن تحت الظروف المصرية ، إستنباط أصناف القمح جميزة 7 ، جميزة 9 ، جميزة 10 ، سدس 1 ، سخا 8 وسخا 93 المتحملة للملوحة . وكذلك أصـــناف الأرز جـــيزة 159 ، جـــيزة 178 ، سخا 101 ، سخا 104 وهجين مصرى 1 المتحملة ومتوسطة التحمل للملوحة .

الانتخاب المتكرر Recurrent selection

يعتمد أي برنامج على وجود اختلافات وراثية Genetic variability يمكـــن إستغلالها بالانتخاب المتكرر حيث تنتخب النباتات المقاومة للملوحة من عشيرة متباينة وراثياً وتلقح ذاتياً ثم تجري جميع الهجن الممكنة بين هذه الإنسال وتجمـــع الـــبذرة ويزرع النسل لمدة جيل آخر على الأقل يسمح بتكوين توليفات وراثـــية ، وتكـــرر دورات الانـــتخاب حتي الوصول إلى مستوي مناسب من المقاومـــة . وتـــؤدي هـــذه الطريقة إلى تحسين مقاومة أي محصول للملوحة .

وعــندما تكون الاختلافات الوراثية الموجودة داخل النوع محدودة ، فإن الأمر يتطلـب البحـث عـن مصادر للمقاومة في الأقارب البرية والأنواع المستأنسة وأحياناً يتطلب الأمر إستحداث طفرات أو إتباع تقنية زراعة الأنسجة .

ولقـد أدي الانـتخاب المتكرر في برامج تربية الذرة الرفيعة إلى عزل تراكيب وراثية متحملة للملوحة (**Azhar and Khan , 1997**) .

الطفرات Mutations

تعتـبر الطفرات وسيلة هامة لاستحداث تصنيفات وراثية ذات قيمة في بـرامج التربـية لتحسين الصفات المرتبطة بتحمل الملوحة والمحكومة بجينات فردية أو التي تتغير بطفرة فردية مقارنة بالصفات الكمية .

فقـد أمكـن بمحطـة بحـوث الجميزة – مصر ، بإستخدام أشعة جاما والصـوديوم آزيـد NaN_3 ، الحصول على خمس سلالات طفرية مبشرة من الفـول الـبلدي مـتحملة للملوحة هي السلالة N.N.S-6 من الصنف جيزة 2 والسـلالات D-5, Long P-7, Long P-5 مـن الصـنف جيزة 3 محسن والسـلالة S.S-17 من الصنف جيزة 716 . علاوة على ذلك ، أمكن إنتخاب ثلاث طفرات مبشرة عالية المحصول تحت ظروف التربة الملحية والعادية هي السـلالة L.S-1 مـن الصـنف جيزة 2 والسلالتين S.S-15 و L.F.P-6 من الصـنف جيزة 714 وحددت السلالة Long P-7 كأفضل سلالة مبشرة تحت الظروف الملحية والعادية (**Soliman *et al.* , 2003**).

الاتجاهات الحديثة في التربية لتحمل الملوحة

Recent approaches in breeding for salinity tolerance

تعتبر الهندسة الوراثية من الاتجاهات الحديثة في منظومة البحث العلمي المتقدم كتقنية سريعة ودقيقة لإنتاج نباتات وسلالات تتحمل إجهادات البيئة غير الحيوية . ولما كانت ظاهرة تحمل ظروف البيئة القاسية تبدو معقدة يحكمها التعبير المتزامن لعديد من الجينات فيفيد إستخدام تحليلات الايزوزيم ومعلمات دنا في التعرف على وتشخيص التراكيب الوراثية وتعيين الجينات والمساعدة في عملية الانتخاب للإنسال الحاملة للجينات المرغوبة في الأجيال الانعزالية.

أولاً : الواسمات الجزيئية ومعلمات دنا

Molecular and DNA-markers

أ- استخدام تقنية SDS – PAGE

يفيد إستخدام تقنية Sodium dodecylesulfate (SDS-PAGE) polyacrylamide gel electrophoresis للبروتينات الذائبة المستخلصة في إستنباط معلمات وراثية وكيموحيوية تساعد في دراسة الخلفية الوراثية وعمل بصمة للبروتين وتمييز السلالات المقاومة عن السلالات الحساسة للملوحة.

وبادئ ذي بدء ، تشير الدراسات المتقدمة إلى تميز النباتات الملحية سواء المفرزة للملح أو العصارية بدرجة عالية من النشاط الانزيمي ووجود حزم معينة مميزة تعتبر دلائل وراثية خاصة بمقاومة الملوحة ، في حين تغيب في الأنواع غير الملحية .

ولما كان تحسين تحمل الملوحة في الأرز بالوسائل الوراثية يعتبر هدف هام ، إلا أن ما تحقق من إنجاز في ضوء التقدمات الزراعية الحديثة يعتبر

محـــدوداً . ولمـــا كانت التغيرات في تعبير البروتين / الجين Protein/gene يصاحبها تغيراً في تحمل الملوحة ولتأكيد هذا المفهوم قام **Djanaguiraman وآخـــرون (2003)** بتوظيف تقنية SDS-PAGE في تبيان الفروق في مقاومة الملوحـــة بين خمس سلالات من الأرز هي ADT 39 , ADT 38 , IR 20 , White Ponni, TRY_1 عـــند إجهـــاد ملحـــي 200 mM كلوريـــد صوديوم والكنـــترول . حيـــث أظهرت النتائج وجود إختلافات بين السلالات في مقاطع البروتين عند المراحل المختلفة من النمو (الشتل ، التفريع ونشوء الداليات) بين معاملة الإجهاد والكنترول ، وأمكن استكشاف حزمة بروتينية جديدة عند الوزن الجزيـــئي 16 و 15 كـــيلو دالـــتون ، كما لوحظ حدوث زيادة في حث تعبير البروتيـــنات عـــند وزن جـــزيئـــي 70 كيلو دالتون فـــي النباتات المعرضـــة للإجهـــاد مقـــارنة بالكنتـــرول أطلق على هذا البروتينات " Osmotin " وهي بروتيـــنات مسئولة عن الضبط الاسموزي في السلالات المتحملة للملوحة والتي إزداد فـــيها نشـــاط إنزيمات الـــ Catalase , Peroxidase ، Superoxide dismutase .

وبـــناءً علـــى المقـــاطع الواضـــحة مـــتعددة المظاهـــر Clear-cut ploymorphism التـــي ظهـــرت في نظام الحزم بين التراكيب المتحملة والحساســـة صُنفت السلالات IR 20 , ADT 39 , TRY_1 على أنها متحملة ، في حين أُعتبرت السلالات ADT 38 , White Ponni حساسة للملوحة .

وقد أظهر تحليل مقاطع البروتين بتقنية SDS – PAGE لجذور صنف الحمص H 96-99 تحت مستويات ملوحة صفر ، 2.5 ، 5 ، 10 ديسيمتر / م فـــي تجـــارب الأصص ، ظهور بروتينات متخصصة وغياب بروتينات أخرى تحـــت ظروف إجهاد الملوحة ، بينما ظهر إتجاه عكسي في نظام حزم البروتين

بعـــد الري وإستعادة النمو ،ولقد لاحظ **Kukreja وآخـــرون (2003)** أنه مع زيـــادة الإجهــــاد الملحي زاد مستوي (Malondialdehyde (MDA والذي يعتبر مقياس لأكسدة الليبيد وإنتاج فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 والذي يؤدي إلـــى فقد سلامة الأغشية الخلوية . ولم تستطيع إنزيمات أنظمة الدفاع لمضادات الأكسدة أن تتغلب على تراكم فوق الأوكسيد .

ولقد أفادت هذه التقنية في دراسات تحمل الملوحة في آباء وهجن الذرة الرفـــيعة ، حيـــث غابت أربعة حزم بروتينية ذات الأوزان الجزيئية 72.64 ، 59.59 ، 46.37 ، 22.75 كيلو دالتون تحت ظروف الملوحة في معظم الهجن والتي أُعتبرت علامات سلبية ، في حين ظهرت حزمة بروتينية واحدة ذات وزن جزيئـــي 37.19 كيلو دالتون تحت ظروف الملوحة ، أُعتبرت علامة موجبة . وقـــد أظهـــرت الآباء المتحملة ICSR – 91022 , ICSA-37 وأربعة هجن مـــتحملة نفـــس توزيـــع الحـــزم البروتينية تقريباً تحت كل من معاملة الملوحة والمقارنة ، حيث كانت هذه التراكيب الوراثية أقل معاناة تحت ظروف الملوحة واســـتطاعت تخزيـــن بروتينات أقرب إلى الطبيعية في حيويتها . حيث أوصت دراســـة **المنشـــاوى وأخـــرون (2003)** باهمـــية استخدام هـــذه الآبـــاء في برامـــج تربيـــة الـــذرة الرفيعـــة لتحمـــل الملوحـــة .

وفى دراسة متقدمة **لأحمد والمنشاوى (2006)** أظهرت نماذج التفريد الكهربي للبروتينات الذائبة ، تميز تراكيب الذرة الرفيعة المتحملة للملوحة بتسع حزم بروتينية غابت في التراكيب الوراثية الحساسة .

ب- معلمات دنا DNA - Markers

ب.1- تقنية RAPD – PCR

إستخدمت تقنية الـ RAPD في التعرف على التباينات الجسدية الناتجة من صنف الأرز Pokkali المتحمل للملوحة ، حيث لوحظت إختلافات جوهرية علـــى المستوي الوراثي بين السلالات الناتجة ، كما أفادت تقنية الـ PCR في تمييز الإشكال المتعددة من خلال حزم دنا التي أمكن رؤيتها بنواتج الـ PCR المكــبرة ، وساعد ذلك فى عزل سلالات متحملة للملوحة من التباينات الجسدية الناتجة **(Elanchezian and Mandal , 2003)** .

كمـــا ســاعدت تقنـــية النســـخ العكسى RT – PCR فى التعرف على بروتيـــنات نووية في أصناف الأرز المتحملة للملوحة **(Mukherjee *et al.*, 2003)** .

ولقد أعطي تحليل الـ RAPD مقاطع (شظايا) فريدة من دنا ظهرت فـــي ســـلالات قصب السكر المتحملة للملوحة كانت ذات تتابع مماثل للجينات المســـئولـــة عـــــن تحمــــل الإجهـــــاد مقارنـــة بالســـلالات الحساســـة للملـــوحة **(Prammanee , 2004)**.

ب.2- معلمات الصفة الكمية QTLs

أفـــادت تقنـــية معلمات الصفة الكمية QTLs فى التعرف على المواقع الوراثـــية المســـئولة عن تحمل الملوحة في بادرات سلالات الشعير الثنا أحادية للهجيـــن Steptoe / Morex عـــلى الكروموسومـــات (4 H) 4 ، (6 H) 6 ، (5H) 7 وكـــذا فـــي ســـلالات الهجيـــن Harrington / TR 306 على الكروموسومات (1 H) 5 ، (5 H) 7 . وكان أكثر المواقع فاعليـــة الموقـــع (5 H) 7 ، وأظهـــر التحليل الوراثي للكروموسوم (5 H) 7 وجود إرتباط

وراثي بين تحمل الملوحة عند الإنبات والاستجابة لحمض الابسيسيك ABA (**Mano and Takeda , 1997b**) .

كما إستخدمت معلمات الصفة الكمية QTLs في تطوير 100 نبات في الجيل الثاني ، وتحديد موقع وراثي في الأقماح الرباعية على الكروموسوم 2 AL مثّل حوالي 38% من التباين المظهري لتحمل الملوحة في قمح المكرونة (**Lindsay *et al.* , 2002**) .

وبدراسة معلمات الصفة الكمية QTLs لسلالات 5 : F2 للهجين بين صنف فول الصويا المتحمل للملوحة 100- S والصنف الحساس Tokoy، ساعدت تقنيتي الـ RFLP ، SSR في إكتشاف موقع رئيسي لتحمل الملوحة قريب من المعلم Sat 091 SSR على المجموع الارتباطية N (LG) إنحدر من الصنف المتحمل S-100 ،مثّل 41 ، 60 ، 79% من التباين الوراثي لتحمل الملوحة في الحقل والصوبة والتحليل المشترك ، على الترتيب . حيث أشار **Lee وأخرون(2004a**) إلى أهمية إستخدام المعلمات الجزيئية كعوامل مساعدة في الانتخاب لتحمل الملوحة .

وعموما يوضح جدول (1 – 19) بعض الجينات التي أمكن عزلها والمرتبطة ببروتينات الإجهاد الملحي في المحاصيل المختلفة.

ثانياً : تقنية نقل الجين Gene transfer technology

أمكن تعيين جين الاسموزية *Osmotin gene* والذي يلعب دوراً هاماً في تحمل نباتات الدخان للإجهاد البيئي غير الحيوي ، وتحريكه باستخدام الأجروبكتريم كوسيط إنتقال إلى نباتات الكانولا وإنتاج نباتات معدلة وراثياً من الصنف *Brassica Juncea* c.v Pusa Jaikisan ، حدث فيها تعبير عالى لجين

جدول (1 – 19) : بعض الجينات التي أمكن عزلها والمرتبطة ببروتينات الإجهاد الملحي في المحاصيل المختلفة

المحصول	الجين
فول الصويا	Pyrroline-5-carboxylate reducatase(*P5CR*), Pyrrolin-5-carboxylate synthetase (*P5CS*).
البرسيم الحجازى	*PsbD, psaB, alpB, rbcL, msPRP2, pCab4, pCab1* and *rbcS*.
الذرة الشامية	*CHEM4*.
بنجر السكر	Betaine aldehyde dehydrogenase (*bet B*).
قمح الخبز	Early salt stress induced (*ESI*) and *PKABA1*,
الأتربلكس (القطف)	*H.$^+$ATPase* gene.
الكانولا	Mustard salt clone (*pnsc 1* and *msc 2*).
الأرز	*Ribulose-1, 5-bis phosphate carboxylase oxygenase*-large-subunit.
الدخان	*70 KDa* subunit of tonoplast ATPase.
الطماطم	*Asr 1*
البسلة	Cysteine protease (*Cyp 15a*).

(عن : **Pareek *et al.*, 1997**)

الضبط الأسموزى وتأكد إنتقاله بتقنية الـPCR وتحليل الـSouthern فى تحسين تحمل الملوحة والجفاف (**Tayal *et al.*, 2003**). كما أمكن نقل الجين *mtl-1D* المتحكم فى إنتاج إنزيم Mannitol-1-phosphate dehydrogenase من بكتريا *E. coli* إلى نباتات الدخان لأكسباها صفة التحمل الملوحة (**Traczynski *et al.*, 1993**) .

وكذا إنتاج سلالات من الحمص والعدس والفول السوداني والذرة الرفيعة معدلة وراثياً بجينات *mtl-1D* , *coda* ، *P2 CSF 129A* , *tsp1* عالية التحمل للملوحة (**Sharmila and Saradhi,2003**) .

ثالثاً : تقنية زراعة الأنسجة Tissue culture technology

نظـــراً للصعوبات التى تواجه مربى النبات فى برامج التحسين الوراثي علي مستوي النبات الكامل وإستغراق طرق التربية التقليدية لوقت طويل نسبياً ، والمشـــاكل التـــي تواجه المربي في التهجينات المتباعدة من عقم نباتات الجيل الأول الهجينـــي وعـــدم التوافق وتدهور الأجنة والعوائق الوراثية التي تحد من الاستفادة من الجيرمبلازم البرى . لذا نما الاتجاه لاستخدام تقنية زراعة الأنسجة للاســـتفادة مـــن التبايـــنات الوراثية الموجودة في الأنواع البرية والتغلب على الحواجز في التهجينات المتباعدة ، لتطوير وإنتاج نباتات مقاومة للملوحة.

وفي هذا الصدد ، فقد أمكن تحقيق تحسين في تحمل الملوحة من خلال التهجيـــن بين الآباء فى محاصيل القمح وفول المانج والبرسيم الحجازي إلا أن Richards (1992) قـــد شكك في إمكانية استخدام الأقارب المتحملة للملوحة فـــي زيادة محصول النباتات المتحملة الناتجة ، وأضاف McCoy (1987) أن عملية إنتاج نباتات متجددة متحملة للملوحة والمستولدة من الخلايا المتأقلمة تبدو صـــعبة لوجود مستوي عالي من التباينات الجسدية. وفي هذا المعني فإن مربي النـــبات معنيّ أكثر بمواد التربية التي عند تقييمها في الحقل تُبدى متوسط أداء أفضل تحت ظروف إجهاد الملوحة .

وعموما ، تعتبر زراعة الأنسجة وسيلة لزيادة الاختلافات وإنتاج نباتات وســـلالات مقاومـــة للملوحـــة ، حيث أمكن حديثاً إنتخاب وإنتاج سلالات من محاصيل القمح والأرز والكتان والكانولا والبرسيم الحجازي مقاومة للملوحة.

وتعتـــبر التبايـــنات الجسدية الناتجة في مزارع الأنسجة أداة هامة في برامج الانتخاب لتحمل الملوحة ، فقد تمكن Prammanee (2004) من إنتاج

نـــباتات متجددة من قصب السكر إستطاعت تحمل مستوي ملوحة 1.0-2.0% (وزن/ حجم) في بيئة كلوريد الصوديوم مقارنة بالصنف الأصلى F36-819.

وقـــد إســـتخدم تكنيك زراعة الأجنة غير الناضجة في القمح فى إنتاج ســـلالات عالـــية التحمل للملوحة عالية المحصول حيث تم زراعة الأجنة غير الناضـــجة للصـــنف ســـخا 8 (المقاوم للملوحة) والسلالتين 25 و28(الحساستين للملوحـــة) علـــى بيئة MS تحت ثلاثة مستويات من ملوحة ماء البحر (صفر ، 6000 ، 9000 جزء في المليون) ، حيث أمكن إستيلاد نباتات تم زراعتها في أصص في الصوبة تحت ظروف من التحكم في درجة الحرارة والإضاءة وإنتاج نباتات الجيل الأول R_1 والثاني R_2 والثالث R_3 المستولد تحت نفس الظـــروف . **(Sabry *et al.*, , 2006)**

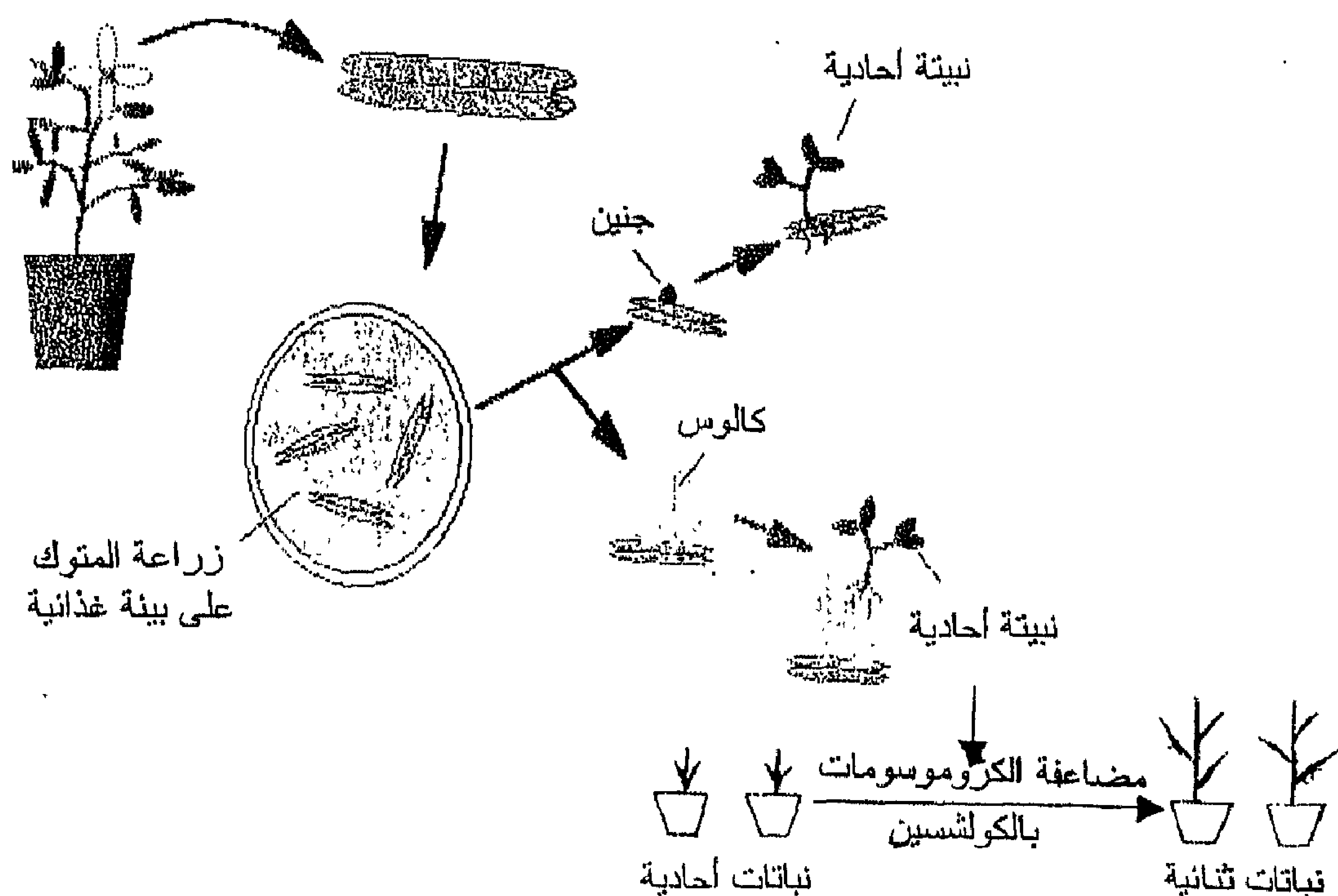
وقد إستكمل الباحثون الدراسة بزراعة حبوب 71 نبات من الجيل الرابع المســـتولد R4 والآبـــاء الثلاثة سخا 8 والسلالتين 25 ، 28 مع أربعة أصناف تجاريـــة أخرى هي سدس 1 وجميزه 10 وسخا 93 وسخا 94 في تجربة حقلية في حوضين من الأسمنت مُلئا بالتربة ، خصص الحوض الأول لمعاملة الملوحة (الـــري بمـــاء الـــبحر مـــع التخفيف حتى تركيز 12.000 جزء في المليون) والحـــوض الثانـــي لمعاملـــة ماء الري بماء الصنبور (بدون ملوحة) في ثلاث مكـــررات . وقـــد أمكن إنتخاب ثماني سلالات في الجيل المستولد الرابع R_4 ، تمـــيز أربعة منها بالمقاومة للملوحة والمحصول العالي بزيادة وصلت > 45% عن الآباء الأصلية.

وقد أفادت تقنية زراعة المتوك فى تربية القمح لتحمل الملوحة ، حيث تمكـــن **Zao وآخـــرون (1995)** في الصين ، من الحصول على سلالات من القمـــح تـــتحمل الملوحة بزراعة متوك الجيل الأول F1 على بيئة تحتوي على

تركيزات متدرجة من كلوريد الصوديوم (0.1 ، 0.3 ، 0.5 %).وقد نتج عن الـــزيادة التدريجية فى تركيز الملوحة تباينات أكثر بين سلالات القمح فى تحمل الملوحـــة ، وكانت أنسب التركيزات لنمو السلالات هي 0.3 و 0.5 % كلوريد صوديوم. وقد ورثت صفة تحمل الملوحة بثبات في 25 % من التباينات الناتجة في الأجيال الانعزالية.

كمـــا أمكـــن توظيف تقنية زراعة المتوك في إنتاج سلالات من الأرز تتحمل الملوحة حتى مستوي 10 ديسيمنز/ م هي , Hexi 30 //SK 101 / , SK 101 / GZ 5844 // IR 65600-91 / SK 102 (**Draz , 2004**) .

وكـــذا فـــي إنتاج 144 سلالة ثنا أحادية Dihaploid من الهجين بين صـــنفي الريـــب Samourai × Mansholt's Hamburge ، تمـــيز بعضها بالإنتاجية العالية وتحمل الظروف القاسيـــة **(Gul , 2002)** .ويوضـــح شكـــل (1 – 8) خطوات إنتاج سلالات جديدة بتكنيك زراعة المتوك .



شكل (1 – 8) : الخطوات المتبعة فى إنتاج سلالات جديدة بإستخدام زراعة المتوك .

وعموماً يحقق إستخدام تقنية زراعة الأنسجة المميزات الآتية :
(عن Rains *et al.* , 1986) .

1- تقييـــيم عــدد كبـــير من التراكيب الوراثية والانتخاب معملياً بإستخدام حيز صـغير نسبياً.
2- إختصار للوقت بين الأجيال.
3- التحكم الدقيق في تجانس وتماثل الظروف البيئية والغذائية.
4- تمـــاثل النباتات الناتجة من مزارع الخلايا في النمو والتطور ، ومن ثم تقل التعقيدات الراجعة إلى الاختلاف في مورفولوجي النبات.
5- الحصول على تباينات كبيرة بين التراكيب الوراثية أثناء الزراعة.
6- يمكـــن تقييم الصفات المنتخبة على مستوي الخلايا فيما يتعلق بالاختلافات الجسدية من النباتات المتجددة الناتجة وأنسالها.
7- يمكن إستخدام البروتوبلاست المعزول ومزارع الخلايا والكالوس في دراسة العمليات الفسيولوجية والكيموحيوية والتي تنظم تحمل إجهاد الملوحة.

رابعـــاً : إستخدام نظير الكربون التمييزي فى دراسات تحمل الملوحة
Carbon isotope discrmination in salinity tolerance studies

تســـتخدم هذه التقنية كمؤشر فسيولوجي مناسب وسريع وغير مكلف في بـــرامج غـــربلة الســـلالات لتحمل الإجهادات البيئية . فقد أوضحت عديد من الدراســـات إمكانية إستخدام نظير الكربون التمييزي (Δ) كمقياس سليم للدلالة علـــى إستجابة التبادل الغازي في عملية التمثيل الضوئي للمتغيرات البيئية مثل الملوحة ، الجفاف ، الضوء وغيرها .

فقــد سُــجلت قيم منخفضة لــ Δ تحت إجهاد الملوحـــة في الشعـــير (Isla *et al.*, 1998) ، والقطـــن والفاصوليا **(Brugnoli and Lauteri , 1991)** والقمح (Rivelli *et al.* , 2002) .

ولقـــد أفـــادت هذه التقنية في غربلة سلالات الأرز لتحمل الملوحة في مرحلة البادرة تحت ظروف مزارع المحاليل المغذية . حيث تميز صنف الأرز المــتحمل للملوحـــة Pokkali بارتفاع قيم Δ بنسبة 3.2% عن السلالة الحساســة للملوحـــة IR 29 . وقــد أعزى ذلك إلى تراكم الأملاح في فجوات الخلايــا وســيتوبلازم الكلوروبلاســت والذي أدي إلى نقص معنوي في عملية التمثــيل الضوئى للسلالة الحساسة ، كما أنتج الصنف المتحمل كمية من المادة الجافـــة بلغـــت ضـــعف ما أنتجته السلالة الحساسة وحصلت السلالات الشقيقة متوســطة التحمل على قيم متوسطة لـــ Δ وإنتاج المادة الجافة ، حيث سجل **Shaheen and Hood–Nowotny(2005)** إرتباط سالب وعالي المعنويـــة (r =- 0.95) بين قيم Δ ومقياس تحمل الملوحة.

مشاكل التربية للمقاومة للملوحة

Problems in breeding for salinity resistance

توجـــد مجموعـــة من الصعوبات التي تواجه مربي النبات عند التربية للمقاومة للملوحة يمكن سردها في النقاط الآتية :-

1- صـــعوبة التوصـــل إلى بيئة ملحية مناسبة ، محكمة يُعتمد عليها في برامج الانتخاب الدقيق للمقاومة للملوحة.

2- عدم وجود مقياس دقيق بسيط وملائم يُعتمد عليه كمعيار إنتخابي في برامج التربية لمقاومة الملوحة.

3- أن المقاومة للملوحة يحكمها نظام وراثي معقد ويوجد عديد من الجينات التي ينبغـــي نقلهـــا من سلالات الجيرمبلازم والأقارب البرية ، والذي يبدو من المهام الصعبة لمربي النبات.

4- يحـــتاج فهم الأساس الوراثي والكيموحيوي والفسيولوجي للمقاومة للملوحة إلــــى مزيد من الفهم ، الأمر الذي يتطلب عمل مزيد من التحليلات ومزيد من التعاون بين مربى النبات والمتخصصين في مجالات العلوم المرتبطة.

الباب الثامن

التغيرات المرتبطة بالتعبير الجينى فى تحمل إجهاد الملوحة
Changes in Gene Expression in Relation To Salinity Stress Tolerance

تشـــير الاتجاهات البحثية المتقدمة إلى ظهور تباينات مستحثة في أنواع رنــا الرســـول والبروتينات إستجابة للإجهادات الاسموزية وظروف الملوحة ، الأمـــر الـــذي يُحـــدث تغـــيراً في العمليات الكيموحيوية والفسيولوجية والشكل الظاهـــري للنبات . كما تحدث هذه التغيرات إستجابة للمعاملة الخارجية بحمض الابسيسيك كعامل وسيط للإجهاد الاسموزي.

وتشير عديد من التقارير إلى حدوث حث لجينات و/ أو بروتينات معينة متخصصة ذات علاقة وتحمل الملوحة وإجهادات البيئة الأخرى .

أولاً : جينات يُنظم (يّعدل) فعلها بالزيادة أو النقص بتأثير الملوحة
Genes up or down regulated by salinity

لقـــد تأكد وجود عديد من الجينات التي تستجيب لإجهاد الملوحة وتقوم بوظـــيفة الاتزان الأيوني Ion homeostasis منها ما هو مسئول عن التخلص من أيون الصوديوم Na^+ عبر الغشاء البلازمي أو تجزئ وتوزيع الصوديوم في الفجوات أو إمتصاص البوتاسيوم بما يعمل على الاتزان الاسموزي .

وتشـــير الدلائل إلى أن جينات الاستجابة للملوحة والجفاف تعمل تحت نظـــام معقد ويمكن تقسيمها إلى جينات مبكرة الاستجابة Early responsive genes وجيـــنات مـــتأخرة الاستجابة Delayed responsive genes ، ومن

أمثلة الجينات مبكرة الاستجابة الجين *rd 29A* في نبات الارابيدوبسيس والجين *Em* فـــي القمـــح والجيـــن *Ms PRP2* فـــي البرسيم الحجازي وعائلة الجين *AtMyb , RD22BP , CBF /DREB , ABF/ AB 15 / AREB* في قصب السكر (عن : **Dwivedi , 2004**) .

وقد أمكن تحقيق تقدمات كبيرة في مجال البيولوجيا الجزيئية للإجهاد في العقـــود الأخـــيرة لمعـــرفة عناصر **Cis – regulatory** في جينات الاستجابة المـــتأخرة وكلونـــة جينات الاستجابة المبكرة المشفرة للبروتينات تحت ظروف الملوحة .

وقد أمكن حث إنتاج عديد من البروتينات تحت ظروف الإجهاد الملحي في عديد من المحاصيل مثل الشعير والقمح والدخان والفاصوليا وغيرها . ففي الشـــعير ، وجـــد أن الإجهـــاد الملحي يقلل المحتوي الكلي من رنا الرسول في الجـــذور بحوالى 20–30 % وحث حوالي 21 نوع جديد من رنا ، بينما يحدث تثبيط لأنواع أخرى من الحمض النووى (**Ramagopal , 1987**) . وسُجلت إخـــتلافات بيـــن الأصـــناف المـــتحملة وغير المتحملة للملوحة في حث تخليق البروتين في الجذور والسوق وأنسجـــة الكالـــوس تحـــت ظـــروف الملوحـــة (**Ramagopal , 1988**) وتحـــدث هـــذه التغـــيرات في التعبير الجيني على مستوي النسخ أو بعد عملية الترجمة والانتقال.

وقد لوحظ إزدياد الفعل التنظيمي ونشاط مجموعة معينة من البروتينات و/ أو الجيـــنات بإجهـــاد الملوحة والجفاف . حيث صاحب الإجهاد الاسموزي المصاحب لنقص الماء والملوحة نقص إمتلاء الخلية وزيادة تنبيه إفراز حمض الأبسيسيـــك والـــذي أعقـــب حث فعل الجين بالزيادة أو الانخفاض لعديد الببتيد المتخصصة (**Plant *et al.* , 1991**) .

فتستجيب جينات الاستجابة للجفاف أو سحب الماء (*dhn*) وحمض الابسيسيك (*Rab*) , (*Lea*) للمعاملة بحمض الابسيسيك . ويعبر جين الجفاف dhn_1 في الذرة الشامية والقمح والشعير كإستجابة مباشرة للمعاملة بحمض الابسيسيك (**Close *et al.* , 1989**) ، بينما يُستحث جين *AF 93* بإجهاد الجفاف بورقة علم نباتات قمح المكرونة المعرضة لإجهاد الجفاف (**Lacerenza *et al.* , 1995**) .

ويتغير تعبير جين *Germin* في القمح والشعير خلال تطور النبات تحت إجهاد الملوحة والمعاملة بحمض الابسيسيك أو إندول حمض الخليك (**Hurkman and Tanaka, 1996**) ، ويزداد تعبير جينات *Germin* Gs_1 , Gs_2 أثناء صدمة الملوحة لبادرات وأوراق الشعير ويظهر أعلى تعبير لهما في الجذور (**Hurkman *et al.* , 1991**) ، كما يعبر جين *Germin* أثناء عملية الإنبات العادية لأجنة محاصيل الحبوب ، وأمكن التعرف عليه في صورة إنتاج أنزيم Oxalate oxidase (**Lane *et al.* ,1993**) ويوضح جدول (1 – 20) بعض الجينات التي يُستحث فعلها بتأثير الملوحة في النباتات الراقية.

ولقد وجدت بعض البروتينات الشبيهة بالاسموتين Osmotin منها SRgp 24 , Glycoprotien – 24-KD في نبات عشب الجليد Iceplant ولوحظ أن بروتين SRgp 24 له نفس التتابع المماثل للاسموتين ولكن يقل فعله Down في أنسجة الأوراق والسيقان ، تحت ظروف الملوحة (**Yen *et al.* , 1994**) . وقد وجد في النباتات المحبة للملوحة مثل القطف ، بروتين مرتبط بالاسموتين يقل فعله بالملوحة والحرارة والإصابات المرضية والحشرية (**Casas *et al.* , 1992**).

وعلى مستوي مزارع الأنسجة ، لوحظ أن تحمل الخلايا قد يُفقد خلال عملية الاستيلاد ، وأن هناك عديد من الجينات يزيد أو يقل فعلها تحت إجهاد كلوريد الصوديوم . وأن حدوث طفرة فردية عند موقع المحفز Promoter في السلالة المنتخبة من البرسيم الحجازى يمكن أن يؤثر على تعبير عديد من الجينات . هذا وقد لاحظ **Winicov (1994)** إرتباط بين تحمل الملوحة في السلالة المنتخبة وزيادة تعبير نشاط إنزيمات Ribulose – 1,5 – bisphosphate carboxylase / oxygenase والراجع إلى الجين النووي (*rbcS*) والسيتوبلازمي (*rbcL*) ، وأشارت قيم معامل التوريث أنها صفة شبه سائدة Semi-dominant في النباتات المتجددة .

جدول (1 – 20) : بعض الجينات التي يستحث فعلها بتأثير الملوحة في النباتات الراقية

المحصول	الجين	الوصف
فول الصويا	*Ncl*	إستبعاد كلوريد الصوديوم من المجموع الخضري.
	ProC	زيادة مستويات البرولين.
البرسيم الحجازي	*RbcL*	زيادة الكلوروفيل.
	RbcS	البروتينات المرتبطة.
القمح	*Kna1*	إختيارية بو/ ص .
هجين القمح× حشيشة القمح	*ESI(x)*	حمض الابسيسيك ، الإجهاد الاسموزي والصدمة.
هجين القمح × الشعير	*dhn*	حمض الابسيسيك ، والجفاف .
	Gs1, Gs2	الجرمين Germin.
الأرز	*Rab*	الاستجابة لحمض الابسيسيك.
	Salt	إستبعاد أيون الصوديوم من المجموع الخضري.
نبات عشب الجليد	*Gdp1*	إستجابة اختيارية.
	Lmt1	البينيتول.
	Ppc1	إستجابة اختيارية ، وإسموزية الورقة.
الدخان	*Mtl1*	زيادة المانيتول.

(عن : **Pareek** ***et al.*** **, 1997**).

وقـد أمكن عزل 16 جين *(ESI)* مستحثة بالملوحة في الهجن النوعية بيـن قمـح الخـبز AABBDD , $2n = 6x = 42$ *T. aestivum* صـنـف Chinese Spring والنـوع *Lophopyrum elongatum* صـنـف Löve EE , $2n = 2x = 14$ أظهـرت النـباتات الشـبيهة بالثمانـية Octaploid amphiploid مستوي عالي من التحمل للملوحة مقارنة بالقمح وأمكن إستغلالها في تطوير سلالات متحملة للملوحة (**Zhong and Dvorak, 1995**) . كما وجـدت الجيـنات *ESI 32* , *ESI 28* , *ESI 15* , *ESI 14* , *ESI 4* علـى الكروموسوم 5 E. وتسهم الكروموسومات 5E , 3E في معظم التحمل لصدمة الملوحة ، بينما أعزى التحمل التدريجي للملوحة إلى الكروموسومات 3E , 4E , 5E مع التأثيرات المساهمة من الكروموسومات 1E , 7E .

كما يستحث الجين *ESI 13* والذي يقع على الذراع الطويل للكروموسوم 4 مـع جيـنات مماثلـة على الكروموسومات 4 LD , 4 LB تحت معاملات الإجهـاد بكلوريد البوتاسيوم وحمض الابسيسيك وصدمة المانيتول في القمـح (**Gulick *et al.* , 1994**) ، كمـا يُسـتحث تعبير الجين *ESI 35* بالزيـادة UP-regulated والذي يقع على الكروموسوم 6 L مع جينات مماثلة على نفس الكروموسـوم فـي جيـنومات القمـح A , B , D ، تحـت ظروف الإجهاد الاسموزي.

وأمكـن تحديـد ثلاثـة كروموسومات على الأقل مسئولة عن تحمل الملوحة في الهجين بين القمح × الشعير **(Forster *et al.*, 1990)** ، ووجدت جينات مماثلة في القمح لجينـات *L.elongatum* والتي ينظـم فعلـها بالزيادة مـع إجهاد الملوحة **(Dubcovsky *et al.*,1994)**.وفي الذرة الرفيعة ، أمكن

التعرف على جين مستحث في بعض التراكيب الوراثية عند تعريضها للملوحة . (Lerner *et al.* , 1994) .

وحديثا ، وجد أن جين *HAL1* المسئول عن تحمل الخميرة للملوحة عند تعبيره العالي ، وكذلك جين *(mtlD)* Manitol – 1- phosphate dehydrogenase transgene في البكتريا ، يُزيد مستويات المانيتول في الجذور وتحمل الملوحة في النباتات الراقية وأنه يمكن الاستفادة بها في عمليات التطويع الوراثي لإنتاج أصناف من المحاصيل الراقية أكثر تحملاً للملوحة. ويدل ذلك ، على أن تحمل الملوحة يرتبط مع تنظيم عمل الجينات في حالة وجودها . ويوضح جدول (1 -1 2) أمثلة لبعض البروتينات المصاحبة لإجهاد الملوحة التي أمكن التعرف عليها في المحاصيل المختلفة .

ثانياً : جينات النبات المشفرة لبروتينات النقل
Plant genes encoding transport proteins

لقد وصف **Niu** وآخرون **(1995)** استجابة الجينات المشفرة لبروتينات النقل وأوضح أهمية ثبات والمحافظة على الاتزان الأيوني Ion homeostasis في الإقلمة للملوحة من خلال إنتاج مضخات H^+ATPase ، H^+ PPase ، Ca^{2+}ATPase، Na^+ATPase Pumps مرتبطة مع الغشاء الخلوي ، والتونوبلاست والأغشية السيوبلازمية . حيث لاحظ **Narasimhan** وآخرون (**1991**) أن المعاملة ولو لفترة قصيرة بكلوريد الصوديوم تؤدي إلى حث نسخ تحت وحدة جين *70* ... دالتون أو ثبات رنا الرسول في الخلايا المتأقلمة مع الملوحة . ... الزيادة في

جدول (1 - 21) :أمثلة لبعض البروتينات المصاحبة لإجهاد الملوحة في المحاصيل المختلفة

المحصول	بروتينات إجهاد الملوحة
الشعير	12 proteins in roots (21 –34 KDa) 9 proteins in shoots (18-50.5 KDa) 21 polypeptides (68-18 KDa) in cv CM 72 and 12 polypeptides (107-26 KDa) in cv Prato
الدخان	58 , 37, 35.5 , 34 , 26 21, 19.5 , 18 KDa 110 , 94 , 80 , 71 , 68 , 56 , 55 , 52 , 46 , 44 , 40 , 38 KDa
قصب السكر	40 , 38.7 , 38.2 , 35 , 34.6 , 31.5 31.2 , 25.5 , 24.8 22.8 , 22.7 , 22.2 19 , 18.7 , 17.9 and 15 KDa
الكانولا	22 KDa
الموالح	Cit – SAP
الطماطم	TAS 14 (Dehydrin)

(عن: Pareek *et al*, 1997).

نشاط تحت وحدات جين *KD 70* أو ثبات رنا الرسول مع الزيادة في بروتين H^{+} ATPase كميانيكية تسهم في إستجابة النبات للملوحة .

وتلعب عملية إنتقال الرسائل بين الأغشية الخلوية والتونوبلاست وإستجابة النبات للملوحة وحث إنتاج انزيمات ATPases دوراً محدداً في تراكم وتوزيع الذائبات المنظمة لتحمل النبات لإجهاد الملوحة .

ويرتبط التعبير الجيني والاستجابات الفسيولوجية للغشاء الخلوي ونشاط جين إنزيم H^{+} ATPase على الغشاء البلازمى إيجابيا مع تحمل الملوحة ، حيث تبدي خلايا النباتات المحبة المتحملة للملوحة Halotolerant مستويات نسخ و/ أو أنشطة ضخ عالية مقارنة بالنباتات غير المتحملة ، ويحدث هذا خلال عملية الأقلمة للإجهاد كخاصية تركيبية .

وقد قرر **Perez–Prat وآخرون (1994)** أن إشارة الاستقبال إستجابة للإجهاد الملحي تكوّن مطلوبة للتعامل مع ظروف الملوحة ، ليزيد تعبير جين إنزيم H^{+} ATPase ، والذي سجل حدوثه خلال دورة تطور الخلية تحت ظروف إجهاد الملوحة.

وتدل نتائج الدراسات البحثية إلى وجود تأثيرين هامين للملوحة على إنتقال البروتون :

الأول : يتمثل في الزيادة في معدل إنتقال البروتون.

والثاني : وجود وفرة من البروتون H^{+} ونشاط إنزيم ATPase Ca^{2+} ، وتبدو هذه التغيرات هامة جداً للمحافظة على وتنظيم توزيع الأيونات بين الخلايا

ولقد أمكن التعرف على أنواع جديدة من البروتينات منها SSPs ، SAPs المنظمة لتحمل الملوحة والتي يتغير تعبيرها مع ظروف الإجهاد

الملحي. ويبين شكل (1 – 9) الاتجاهات المختلفة الموضحة لذلك ، حيث أفاد إكتشاف هذه البروتينات فيما يلي :

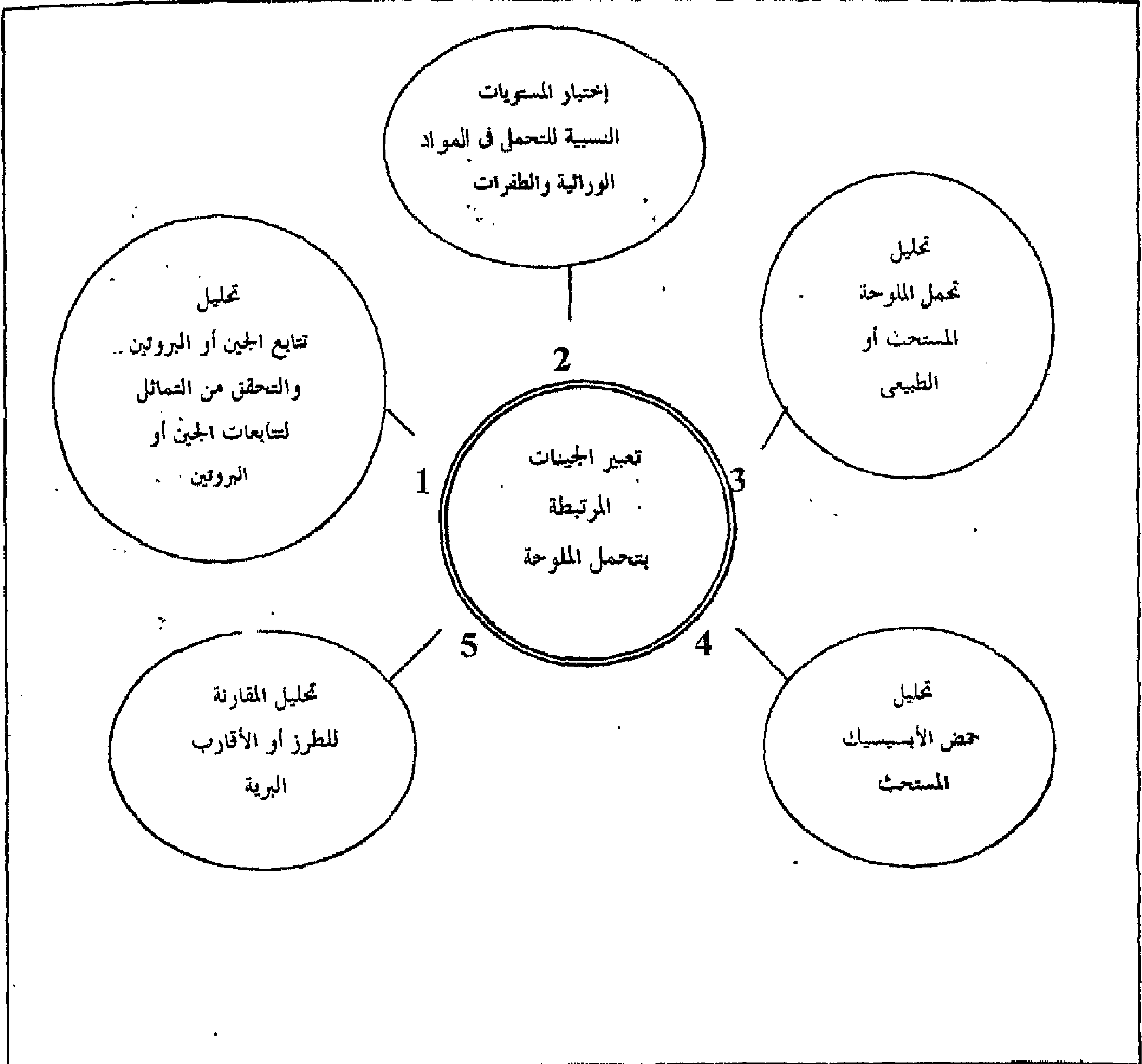
1- أمكن تشخيص جينات الاستجابة للملوحة والاستفادة من تتابعات نيوكليوتيدات الأحماض الأمينية للبروتينات المستحثة لمعرفة مدي التماثل مع الأدلة المرجعية. وتعطي البروتينات المتميزة وقواعد البيانات الأساسية للجين بأجهزة الكمبيوتر Software معلومات جيدة لإجراء هذا التحليل ، ففي حالة التماثل التام Complete homology بين تحليل التتابع وبعض تتابع الجين الذي تم تعيينه ، يصبح وثيق الصلة بالجين المتخصص في الاستجابة للإجهاد .

2- أن التغيرات في تعبير البروتين و/ أو الجين تتلازم مع تطور حث التحمل للملوحة.

3- أن التربية لسلالات تتميز بتحمل مستويات مختلفة من الإجهاد الملحي في أنواع المحاصيل ، أصبح ميسراً ، ففي الأرز تعتبر الأصناف Pokkali و Nona bokra متحملة للملوحة على المدى البعيد ، في حين يعتبر الصنف Taichung native-1 أكثر حساسية للملوحة . ويفيد هذا التباين في تحليل المستويات النسبية لبروتينات الإجهاد حيث تزيد مستويات بروتينات الـ dehydrin ومجموعة LEA 111 معنوياً في جذور الأصناف المتحملة عن الأصناف الحساسة كما تضاعف تراكم حمض الابسيسيك تحت تأثير المعاملة بكلوريد الصوديوم في جذور الأصناف المتحملة عدة مرات مقارنة بالصنف الحساس **(Moons *et al.*, 1995)** .

4- أصبحت هناك إمكانية للحصول على معلومات عن أهمية الجين و / أو البروتين بدراسة حثة لإنتاج حمض الابسيسيك والذي تزداد مستوياته تحت

تأثـير معظـم طرز الإجهاد ومنها الملوحة ، كما تؤدي المعاملة الخارجية بحمض الابسيسيك إلى حث التحمل لعديد من الإجهادات البيئية (Plant *et al.* , 1991) .



شكل (1 – 9) : ملخص الاتجاهات المختلفة المحتملة عن العلاقة بين التغيرات الحادثة في التعبير الجيني تحت إجهاد الملوحة.

(عن : Pareek *et al.* , 1997).

ثالثاً : الإشارات الخلوية ودورها في تحمل الملوحة

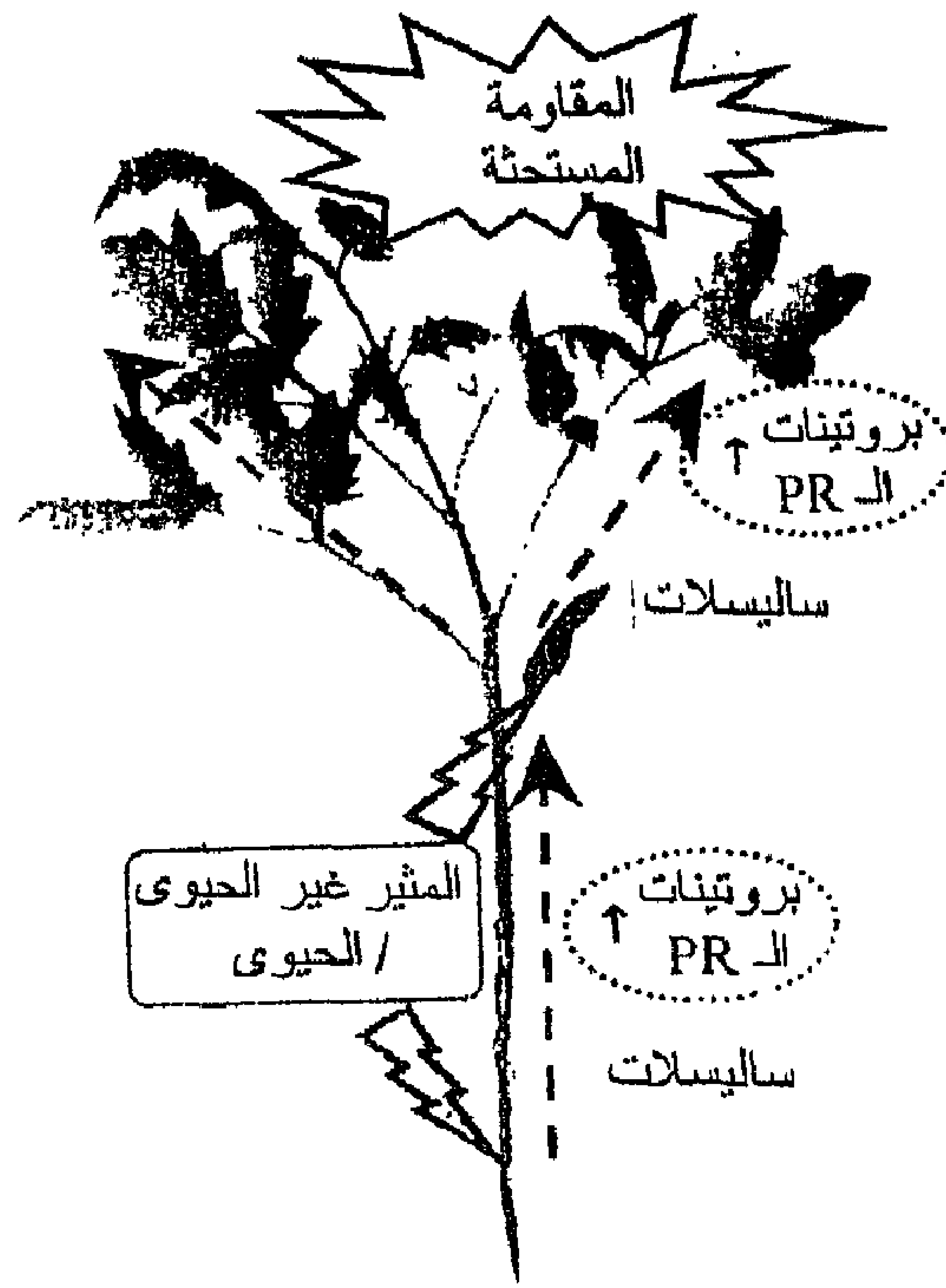
Role of cellular signal transduction in salinity tolerance

يؤدي تعرض نباتات المحاصيل لظروف الإجهاد المختلفة ومنها الملوحة إلـــى حـــث خلايا النبات على إرسال عديد من الإشارات بين الخلوية Signal transduction الحاثـــة على تعبير عديد من الجينات وتنشيط مسارات تخليق عديـــد مـــن المركبات الكيموحيوية مثل حمض الابسيسيك والبرولين والجليسين بيتين ... وغيرها والمسئولة عن مقاومة إجهادات البيئة غير الحيوية.

ويتفاعل الغشاء البلازمي كحاجز طبيعي لمرور الذائبات المائية وكمادة للبروتينات المرتبطة بامتصاص الذائبات وإنتقالها .

وتلعب إشارات الملوحة والجفاف التي تُبديها الخلايا النباتية دوراً حيوياً تحـــت ظروف الإجهاد الاسموزي مستحثه عديد من الاستجابات الأيضية . وقد أفـــادت التقنـــية الحيوية والبيولوجيا الجزيئية في فهم التركيب الجينومي ووظيفة الجيـــنات والاستجابات المرتبطة بالجفاف والملوحة . فقد أمكن عزل عديد من الجينات المرتبطة بالاجهادات من مختلف الأنواع النباتية . ولوحظ تراكم عديد من المواد الفاعلة للاسموزية في النباتات تحت ظروف الاجهاد ، منها السكروز والســـوربيتول والمانيـــتول والجليســـرول والارابيـــنول والبينيـــتول ومركبات النيتروجينـــيز مـــثل البرولـيـــن Proline والبيتيـــن Betaine والجلوتامـــات Glutamate والاســـبرتات Aspartate والجليســـين Glycine والكوليـــن Choline والأحماض العضوية مثل الاكسالات والمالات .

وعمومـــاً فـــإن إدراك وتمييز إشارة الملوحة في غشاء البلازما يترتب عليه حدوث عديد من التغيرات في كيموحيوي وفسيولوجي الخلية . ويبين شكل (1– 10) المقاومة المستحثة فى النبات تحت تأثير الإجهاد البيئى .



شكل (1 – 10) : المقاومة الجهازية المستحثة تحت تأثير الإجهاد البيئى

تستحث المقاومة الجهازية في النبات ، بتعرض الجذور أو الأنسجة النباتية للمثيرات البيئية . ويعتمد ذلك على إنتاج الهرمون النباتي ساليسلات (حمض السالسليك) وتراكم البروتينات المرتبطة PR-proteins بمقاومة الإجهادات البيئية (عن : Vallad and Goodman , 2004) .

وقد أجريت محاولات لتطويع مسار Glyoxalase لإنتاج نباتات دخان معدلة وراثية متحملة للملوحة . ويحكم هذا المسار إنزيمان هما Glyoxalase I , II يتفاعلان معاً في صورة تعاونية في وجود الجلوتاثيون المختزل كعامل مساعد لتحويل مركب Methylgyloxal-a ctyotoxic السام للخلايا إلى حمض اللكتيك . حيث لوحظ حدوث تعبير زائد لانزيم Gly. I من الريب يؤدي إلى تحسين تحمل الملوحة في نباتات الدخان المعدلة وراثياً ، وأظهرت هذه الصفة ثباتاً وراثياً ، وتميزت نباتات الجيل الأول T_1 المعدلة وراثياً بالقدرة على تكملة دورة حياتها تحت ظروف الملوحة كما لوحظ أيضاً حدوث تعبير عالي

لانــزيم Gly II عـند تحـريكه من الأرز إلى الدخان ، إما بصورة منفردة أو بالـتعاون مع Gly I والذي أدي إلى حدوث تطويع كامل لمسار Glyoxalase لإنتاج نباتات ثنائية التعديل الوراثي Double trangenics كانت أكثر مقاومة للملوحة مقارنة بتلك الناتجة من تعديل وراثي واحد فقط.

وأشـار تحليل التحول الوراثي للجيل الأول ثنائي التعديل الوراثي إلى الثبات الوراثي والوظيفي لصفة تحمل الملوحة كما لوحظ حدوث حجز لأيونات الصوديوم Na^+ الزائدة في الأوراق المسنة ، بدون أي تأثير على جودة البذور **(Pareek *et al.* , 2003)** .

كما يعمل فوق أكسيد الهيدروجين كإشارة جزيئية Signal molecule حاشـة لمسـارات التخلـيق الحـيوي لمضادات الأكسدة من الانزيمات والمواد المختلفة التي تقوم بحماية النظام الكيموحيوي والوظائف الخلوية في النبات تحت ظروف الإجهاد البيئى **(Angrish *et al.* , 2003)** .

ولقد زاد مستوي الاستيرولات الحرة والجلسريد الثلاثي في أصناف فول الصـويا إستجابة لإشارة الملوحة وبقي تركيب الأحماض الدهنية دون تغير في الأصناف المتحملة والحساسة .

وتؤثـر الملوحـة على نشاط بروتون الأنزيم H^+ ATPase المرتبط بالغشـاء البلازمي والتونوبلاست . ويحدث حث لنشاط إنبعاث البروتون نتيجة التغـيرات فـي سيولة الغشاء كإشارة تفسر ميكانيكية تحمل الجفاف والملوحة. ويتفاعل H^+ ATPase الغشاء البلازمي ويعمل كمضخة وناقل للإملاح خارج الخلـية ، ويسهم في حث إنبعاث البروتون H^+ وتدفق الكالسيوم Ca^{2+} وإنتقالة فـي الأغشية الداخلية والاندوبلازمية وعضيات الخلية والميتوكوندريا وأغشية الكلوروبلاست .

وتلعب قنوات الكالسيوم Ca^{2+} channels ومستويات سيتوسوليك الكالسيوم كرسائل ثانية لانتقال إشارة الملح Salt signal transduction . وتدل التقارير البحثية على وجود عديد من أنواع قنوات الكالسيوم في خلايا النباتات الراقية ، والتي تزيد من حث العمليات الحيوية ، وتعبير البروتين كينيز والبروتينات المنظمة الأخرى . وتشير التغيرات المسجلة في مستويات الكالسيوم إلى دورة في إستجابة الجذور لإجهاد الملوحة ، فقد أوضح **Rengel (1992)** أن إشارة الكالسيوم تنتقل إلى الأوراق ، إذا لم يسبق الإشارة إمداد مائي محدود

هذا ويعتبر الجليكوبروتين جزئ مستقبل Receptor molecule للتعرف على وإدراك إشارة ملح كلوريد الصوديوم .

ولقد عرف أن نوع البروتينات G-proteins تلعب دوراً في حث وتشجيع الخلايا وعمل إتصالات بين قواعد دنا . فقد أوضح **Raghuram and Sopory, (1995)** أهمية بروتينات G والبروتين كينيز و Phosphoinositides في إنتقال الإشارات وتنظيم تعبير جين إنزيم Nitrate reductase وتنظيم تعبير وظائف عدد من الانزيمات الأخرى وتحوير تركيب البروتينات وتوفير طاقة الأيض وحث إستجابة النباتات للإجهادات البيئية.

ولقد وجد في الذرة الشامية ، أن عملية إنتقال وإعادة توزيع نواتج التمثيل إلى القمم المرستيمية والعناصر اللازمة لاستطالة وإنبساط الأوراق خلال المراحل الأولي من الإجهاد ، تحدث إستجابة للإشارة الحاثة على تطور النبات **(Lazot and Lauchli , 1991)** ، وفي قصب السكر يعمل حمض الابسيسيك تحت إجهاد الملوحة الشديد كإشارة فعالة لاستبعاد الصوديوم وإمتصاص الكالسيوم والبوتاسيوم **(Dwivedi and Qadar , 2004)** .

الباب التاسع

كيفية التعامل مع مشكلة الملوحة

دور المعاملات الزراعية في تحسين تحمل المحاصيل للملوحة

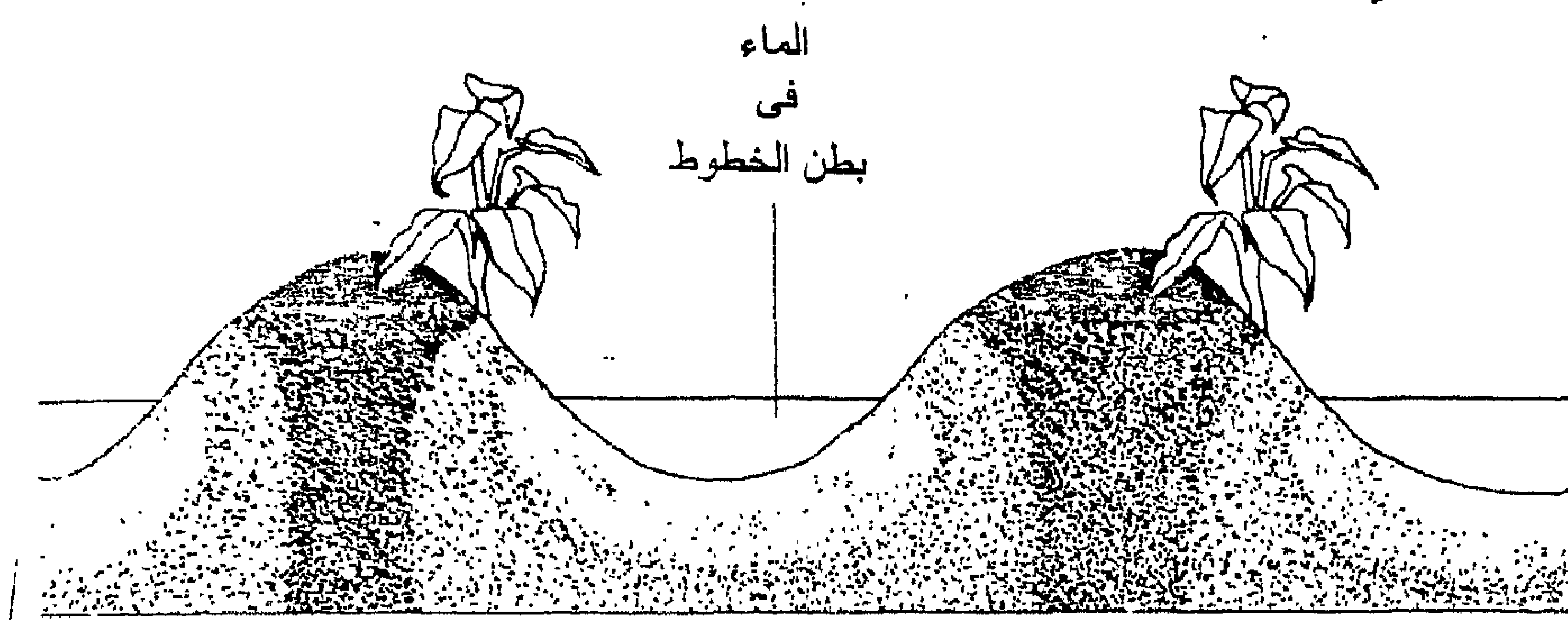
Role of Agronomic Practices in Improving Crop Tolerance to Salinity

تعانـــي الأراضي الملحية من زيادة تركيز الإملاح في محلول التربة ، وتهـدف السيطرة على ملوحة التربة إلى المحافظة على إعطاء إنتاج اقتصادي مـن المحاصيل الحقلية . ويعتمد إستغلال الأراضي المتأثرة بالإملاح على فهم كيفية إستجابة النباتات للملوحة والمقاومة النسبية للمحاصيل المختلفة وحساسيتها عـند مـراحل النمو المختلفة ومدي تأثير الأرض والظروف البيئية على زيادة الإجهاد الملحي ونمو النبات . وتلعب الإجراءات الزراعية دوراً هاماً في إمكانية التغلب على مشكلة الملوحة يمكن سردها على النحو التالي :

1- إجـراء ريـات غسيل قبل الزراعة : Applied of leaching irrigations pre-planting

ويجـرى ذلك بهدف خفض الجهد الاسموزي لمحلول التربة والتخلص مـن الأمـلاح المتراكمة على إمتداد المجموع الجذري قبل أن تؤثر سلبياً على المحصـول . ويفضـل إجراء عملية الغسيل قبل أن ترتفع ملوحة التربة عن 2 ديسـيمتر/ م للمحاصـيل الحساسـة وعـن 4 ديسيمتر/ م في حالة المحاصيل متوسـطة الحساسـية ، ويمكـن الوصـول إلى 8 ديسيمتر / م في المحاصيل المقاومة للملوحة .

والعديد من النباتات يكون غير حساس للملوحة إلى حد ما أثناء المراحل المتأخرة من النمو ، غير أنها تكون شديدة الحساسية عند الإنبات ولهذا فإنه يمكن عن طريق إعطاء الأرض رية أولى ثقيلة لغسيل الأملاح من على السطح، والزراعة على جانبى الخط (شكل 1-11) زراعة الكثير من المحاصيل الحساسة.



شكل (1-11) : رسم تخطيطي لمستويات الملوحة في مناطق نمو النبات ، حيث يراعى زراعة النباتات على جانبى الخط تجنباً لمستوى الأملاح المرتفع أعلى الخطوط ، مما يثبط إنبات البذور .

ويفضل الري قبل الزراعة مع تقليل الفترة بين الريات وتكرار عملية الري . أما إذا كانت مشكلة ملوحة التربة ، مشكلة مستديمة ناتجة عن إرتفاع مستوي المياه الجوفية فيجب الاهتمام بنظام الصرف.

2- إعداد الأرض Soil preparation

يفضل عند إعداد الأرض المتأثرة بالملوحة للزراعة إستخدام المحراث الحفار بدلاً من المحراث القلاب ، لتجنب رفع الأملاح من تحت سطح التربة والتي سبق غسيلها داخل القطاع.

وتساعد تسوية سطح الأرض على إنتظام وتجانس توزيع مياه الري وبالتالي تخللها وغسيلها للأرض ، حيث يؤدي عدم تجانس السطح إلى تراكم الأملاح في المناطق المرتفعة وتجمع المياه في المناطق المنخفضة محدثة ظروفاً غدقة وتكون عمليات إنبات البذور ونمو النبات ضعيفاً في البقع المرتفعة نتيجة لنقص المياه وإرتفاع تركيز الأملاح بها وقد تحدث تأثيرات مماثلة في المناطق المنخفضة نظراً لظروف الغدق . وتزداد أهمية تسوية سطح الأرض تحت ظروف الري السطحي وتقل أهميتها عند إستخدام الري بالرش أو بالتنقيط حيث تحتاج إلى تسوية محدودة محل توزيع المياه حول الرشاش أو النقاط . ويجب عند التسوية الحفاظ على الطبقة السطحية الغنية بالعناصر الغذائية.

وعند زراعة المحاصيل يفضل أن يتم ذلك على خطوط تتجه من الشرق إلى الغرب ، مع وضع التقاوى على الريشة البحرية وهي الأقل تعرضاً لأشعة الشمس الشديدة فينخفض تركيز الأملاح عليها وعدم وضع البذور في منتصف الخط لتجنب تركيز الأملاح وخفض عمليات الخدمة بعد الزراعة وعدم تكرار عملية العزيق ، تجنباً لإثارة الأملاح وتجميعها حول المجموع الجذري للمحصول.

3- إختيار المحاصيل المتحملة أو عالية التحمل للملوحة Chosing tolerant or high tolerant crops

حيث يوجد ما يزيد عن 1500 نوع نباتي يمكن زراعتها في المناطق المتأثرة بالملوحة . ويمكن إستعمال ماء مرتفع الملوحة في ريها . ومن أمثلة هذه المحاصيل الشعير والأرز وبنجر السكر والقطن والكانولا والقطف والجوجوبا وعديد من أعشاب المراعى النجيلية .

4- إتباع المعاملات الزراعية المناسبة Applied of proper agricultural practices

يؤدى إتباع الإجراءات الزراعية التي تناسب ظروف الأراضى الملحية إلى تحسين قدرة النباتات على تحمل هذه الظروف .... من حيث الكثافة النباتية والمغذيات المختلفة والأساليب الزراعية المناسبة والتي يمكن مناقشتها على النحو التالي :

4 . 1 – الكثافة النباتية Plant population density

يعتبر زيادة الكثافة النباتية أحد الإجراءات الزراعية المتبعة للتعامل مع نقص إنتاجية المحاصيل تحت ظروف الملوحة بهدف تعويض النقص في المحصول الناتج عن فقد النباتات أثناء النمو فقد وجد **Zeng and Shannon (2000)** أن زيادة الكثافة في الأرز من 400 ، 600 إلى 720 حبة / م 2 تحت مستويات ملوحة 1 ، 3.9 ، 6.5 ديسيمتر / م في الصوبة ، أدت إلى زيادة معنوية في درجة ثبات النباتات وكثافة الدالية . ودلت النتائج على أن النقص في المحصول تحت مستوي الملوحة المتوسط لم تعوضه زيادة الكثافة النباتية عن المعدل العادي.

وتشير التوصيات الخاصة بمحاصيل القمح والشعير إلى أهمية الإعتماد على سنبلة الساق الرئيسى كمكون أساسي للمحصول تحت ظروف الأراضي المتأثرة بالملوحة حيث يفضل زيادة معدل التقاوى للتغلب على مشكلة التفريع غير المنتج وإنتاج أفرع متطفلة تؤثر على إنتاجية الصنف المحصولى.

4. 2 – تغذية النبات Plant nutrition

يعتبر تزويد نباتات المحاصيل باحتياجاتها من العناصر السمادية في صورة مناسبة سهلة الاستفادة ، من الوسائل المفيدة في تحسين نمو وتحمل

النباتات نملوحه . و على ذلك فإن إتباع برامج تسميد مناسبة لظروف الأراضي الملحية يبدو ـو اهمية

1.2.4 – المادة العضوية : Organic matter

ترجع الأهمية الكبرى للمادة العضوية إلى إحتوائها على العناصر الغذائية ، إلى جانب دورها في تحسين الخواص الطبيعية و الكيميائية و الحيوية للارض الزراعية و عمل مسام مفتوحة لحركة الماء وتحسين حالة النباتات تحت ظروف الملوحة . فقد أوضح **Reda وآخرون (2003)** أن وجود المادة العضوية مع البرولين يزيد من قدرة نباتات القمح على تحمل ملوحة التربة وأن زيادة ملوحة التربة من 2.62 ، 5.93 ، 9.28 إلى 15.18 ديسيمتر/ م كانت مصحوبة بزيادة محتوي النبات من البرولين . وكانت الزيادة أعلى في النباتات المسمدة عضوياً عن غير المسمدة ، كما قللت المعاملة بالبرولين رشا بمعدل 20 مجم / لتر من تأثير الملوحة على نمو النبات ومن تراكم أيونات الصوديوم في أنسجته. وقد سجل **السيد وآخرون (2006)** زيادات معنوية فى محصول الحبوب والقش والبروتين فى كل من الذرة الشامية و القمح مع زيادة معدلات سماد الكومبوست من 10 ، 20 إلى 30 طن مترى / فدان ، تحت ظروف الأراضى الجيرية .

2.2.4 – النيتروجين Nitrogen

يعتبر عنصر النيتروجين من العناصر المحددة للنمو تحت ظروف الأراضي الملحية أو غير الملحية ، حيث تؤدي إضافته دائماً إلى تحسن نمو النبات وزيادة محصوله . وقد أشارت نتائج التجارب الحقلية إلى أن إضافة النيتروجين إلى الأراضي الفقيرة في محتواها من النتيروجين ذات المستوي المتوسط من الملوحة ، أدي إلى تحسن في نمو نباتات الشعير والفول والذرة

والبرسيم والقمح والأرز والبسلة والفاصوليا . وفي نفس هذه التجارب لم تعط النباتات إستجابة لإضافة النيتروجين عندما كانت درجة الملوحة عالية ، ومع ذلك فقد أوضحت دراسات قليلة حدوث زيادة في المحصول تحت مستويات الملوحة العالية ، عندما أضيف النيتروجين بمعدلات أعلى من المثلي التي تستخدم في حالة الأراضي غير الملحية . وعلى ذلك يمكن القول بأن زيادة التسميد النيتروجيني يُزيد من مقاومة النباتات للملوحة وهو ما لوحظ في حالة نباتات البرسيم والدخن ومحصول الذرة الذي سمد بـ375 كجم نيتروجين / هكتار ، وقد يرجع التأثير الإيجابي للنتيروجين في زيادة التحمل للملوحة إلى دور أيون النترات NO_3^- في تقليل إمتصاص وتراكم الكلوريد Cl^- **(Bernstein *et al.*, 1974)** إلى جانب تأثير النيتروجين في زيادة محتوي البرولين والبروتينات الذائبة الكلية والأحماض الأمينية . وتلعب صورة النيتروجين المضافة إلى التربة النامي بها النباتات تحت إجهاد الملوحة دوراً هاماً ، حيث وجد أن النيتروجين المضاف في صورة الأمونيوم NH_4^+ يكون أكثر حساسية للملوحة من صورة النترات No_3^- مع نباتات الذرة والقمح ، كما وجد أن إضافة الكالسيوم Ca_2^+ إلى بيئة النمو تؤدي إلى تحسين معدل النمو في وجود النترات No_3^- . ولذلك يعتبر أفضل مصدر للنتيروجين يمكن إضافته إلى الأراضي الملحية يكون من أملاح النترات أو خليط من النترات أو الأمونيوم بحيث تكون نسبة النترات أكبر من نسبة الأمونيوم.

وإلى جانب صور السماد الأزوتي ، يلعب التلقيح البكتيري بالريزوبيوم وراً في تحسين إنتاجية المحاصيل البقولية تحت ظروف الأراضي المتأثرة بالملوحة . فعند دراسة مدي تأثر الفول البلدي المنزرع تحت مستوي ملوحة 4.2 و 4.7 ديسيمتر/ م وثلاث صور من السماد الأزوتي نترات الأمونيوم

وسلفات الأمونيوم واليوريا مع معاملات الري وغيرها . ووجد **عبد الحميد وآخرون** (2003) أن التسميد بالنيتروجين قد أدى إلى زيادة كمية المحصول والمحتوى البروتيني للبذور عند إضافته في صورة نترات الأمونيوم ، حيث كانت هي الأفضل عند مستوى الملوحة 4.2 ديسيسيمنز / م ، بينما كانت صورة سلفات الأمونيوم هي الأفضل عند مستوى الملوحة 4.7 ديسيسيمنز / م .

وتتبع المعاملات الزراعية المعتادة لزراعة وإنتاج قصب السكر في الأراضي الصودية كما هو الحال في الأراضي العادية في الهند عدا إضافة 10% نيتروجين زيادة مع الري المتكرر الخفيف وإضافة 25 كجم كبريتات زنك للتغلب على مشكلة نقص الزنك (**Dwivedi , 2004**) .

3.2.4 – الفوسفور Phosphorus

تبدو أهمية التغذية بالفوسفور تحت ظروف الملوحة أكثر تعقيداً منه في حالة التغذية بالنيتروجين ، ويتوقف ذلك على نوع النبات ومرحلة النمو ونوع ومستوى الأملاح في وسط النمو . ولقد وجد **Champagnol (1979)** أن إضافة الفوسفور إلى الأراضي أو البيئات الملحية يزيد من النمو والمحصول لعدد 34 محصولاً من جملة 37 محصولاً تم دراستها ، بما يعني أن هذا التأثير هو التأثير السائد في سلوك الفوسفور في البيئات الملحية . كما تحسن محصول الحبوب والقش والبروتين في الذرة الشامية والقمح مع التسميد الفوسفاتي بمعدل 45 كجم فو$_2$أ$_5$ / فدان ، في الأراضي الجيرية (**EL-Sayed *et al.*, 2006**) وتزداد مقاومة النباتات للملوحة بإضافة الفوسفور إلى البيئات المرتفعة في مستوي الملوحة ، في حين تنخفض المقاومة للملوحة في درجات الملوحة المتوسطة في وجود الفوسفور . هذا وقد أوضحت التحليلات التي تم إجراؤها

على محاصيل الشعير والقمح والذرة الشامية والذرة الرفيعة والطماطم والجزر أن زيادة الفوسفور لم يكن لها تأثير مع الملوحة المنخفضة.

وقد أشار **البشبيشي وشريف (1998)** من نتائج عديد من الدراسات المماثلة أن الملوحة تزيد حاجة عدد كبير من النباتات إلى الفوسفور الواجب إضافته إلى بيئة النمو.

4.2.4 – البوتاسيوم Potassium

يلعب البوتاسيوم دوراً هاماً في تحسين إنتاجية أصناف المحاصيل تحت ظروف الملوحة ، لما له من أدوارٍ حيوية في الضبط الاسموزي والعلاقات المائية وإنتقال نواتج التمثيل الغذائي.

ويعتبر عنصر البوتاسيوم شبيهاً بعنصر الفوسفور من حيث الانخفاض النسبي لتركيزه في المحلول الأرضي كما أن البوتاسيوم يُدمص ويثبت على الأسطح وبين الوحدات البلورية للغرويات المعدنية الأرضية . وتتميز أغشية البلازما في خلايا الجذر بقدرتها العالية على جذب البوتاسيوم أكثر من الصوديوم وعمل نوع من المواءمة بين إرتفاع تركيز الصوديوم وحاجة النبات إلى البوتاسيوم والمحافظة على مستوي الكفاية من عنصر الكالسيوم في الجذور ، وهو ما يؤدي إلى إمداد هذه الجذور بمستوي كاف من الأوكسجين.

ولقد وجد **Kafkafi** سنة **(1984)** أن المحاصيل المقاومة للملوحة مثل بنجر السكر لها قدرة أعلى على جذب البوتاسيوم مقارنة بالمحاصيل الحساسة للملوحة مثل الفول البلدى ، وتُظهر كثير من النباتات إختيارية عالية للبوتاسيوم مقارنة بالصوديوم.

وهناك أدلة على أن الصوديوم يحل جزئيا محل البوتاسيوم في عديد من النباتات دون أن يؤثر ذلك على النمو والمحصول ، ولقد قسم **Marschner**

سـنة **(1995)** نباتات المحاصيل إلى أربع مجموعات من حيث إحلال وتبادل الصوديوم محل البوتاسيوم.

المجموعة الأولى : وفيها يحل جزء كبير من الصوديوم محل البوتاسيوم مثل : نباتات البنجر و اللفت.

المجموعـــة الثانـــية : وفيها يكون إستبدال البوتاسيوم متوسطاً ويمثلها مجموعة النباتات متوسطة المقاومة للملوحة مثل الطماطم.

المجموعـــة الثالـــثة : وفـــيها يكون إستبدال البوتاسيوم قليلاً بواسطة الصوديوم والذي يعتبر غير مؤثر في النمو وذلك كما في حالة نباتات **الأرز.**

المجموعـــة الرابعة : وفيها لا يحدث أي إستبدال للبوتاسيوم بواسطة الصوديوم ويمثل هذه المجموعة نباتات الذرة ، الفول والخس.

وفي هذا الصدد ، وجد **Sherif وآخرون (1998)** أن إضافة كبريتات البوتاســيوم بمعــدل 150 كجم / هكتار في تجارب الأصص ، أدى إلى تحسن الــنمو ومحصــول المــادة الجافة لأصناف القمح ، تحت مستويات من ملوحة كلوريد الصوديوم تدرجت من صفر ، 5 و 10 ديسيمنز / م . **كما سجل السيد وآخرون (2006)** زيادات معنوية فى محصول الحبوب والقش والبروتين فى القمح والذرة الشامية بزيادة التسميد البوتاسى حتى 24 كجم بو$_2$ أ / فدان ، تحت ظروف الأراضى الجيرية .

ويســتطيع بــنجر السكر تحمل ملوحة ماء الري حتى 2000 جزء في الملـــيون بـــدون تأشـــير يذكر على النمو والمحصول أو صفات الجودة (نسبة صافي السكر والسكروز ونقاوة العصير) ، حيث وجد **عبد المولي وزانونـــى (2004)** أن التســـميد البوتاســـي أدي إلى تحسن محصول وصفات جودة بنجر السكر سواء روي بماء ملوحته 4000 جزء في المليون أو بماء عذب.

الباب العاشر

تقييم التراكيب الوراثية لتحمل الملوحة

Evaluation of Genotypes to Salinity Tolerance

تبدو عملية تقييم التراكيب الوراثية لتحمل الملوحة من الأمور الصعبة نظراً لحدوث عديد من التغيرات في الجينات المتحكمة في المقاومة للملوحة Switching on or off genes في الأنسجة المتخصصة خلال دورة حياة النبات .

ويعتمد تحمل الملوحة على مؤشرات معينة ذات علاقة وإجهاد الملوحة مثل الإنبات والتكشف والقدرة على البقاء ومعدل النمو النسبي العالي ودرجة إصفرار وضرر الأوراق ومحتوي الأيونات والعناصر المغذية الكبري والصغري إلى جانب التفاعل مع العوامل البيئية ، كالحرارة والرطوبة وصافي الإشعاع الشمسى وتركيب ونفاذية التربة وتوقيت وطول فترة التعريض والتي معها يستحيل عمل غربلة تصل إلى حد الكمال . ولذا ينبغي تمييز الاختلافات الوراثية عن البيئية في عملية التقييم ، حيث أن التفاعل بين تحمل الملوحة والعوامل البيئية يقلل من فعالية عملية الانتخاب لتحمل الملوحة. ولذا تتضح أهمية تحديد وفصل التأثيرات البيئية العشوائية عن التأثيرات الوراثية بما يسمح بتطوير أصناف متحملة للملوحة.

ويعتمد نجاح برنامج التربية على التقييم السليم لتحمل الملوحة لمختلف السلالات . ويتطلب ذلك إتباع التكنيك المناسب تحت مستويات مناسبة ومضبوطة من الملوحة.

ويكـــون مـــن الأهمية تعريض مختلف النباتات أو السلالات لمستويات مـــتماثلة ومضـــبوطة مـــن الملوحة . ونظراً للتباين في ظروف الملوحة تحت الظـــروف الحقلية ، فيكون من المرغوب فيه أن يتم التقييم تحت ظروف بيئات ملحية محكمة حيث تتبع بعض طرق التقييم التي يمكن سردها على النحو التالي:

طرق التقييم

1- إســـتخدام القطـــع التجريبية الدقيقة (الليسوميتر) Lysimeter micrplots

حيث يتم تصميم قطع تجريبية صغيرة بأحجام معينة لإحداث تجانس في مســـتوي الملوحـــة . وتستخدم الليسوميترات في برامج غربلة وتقييم السلالات لتحمل الملوحة ، ويستخدم بعضها بأحجام 6 × 3 × 1م وتجرب عدة مستويات من الملوحة في مكررات ، حيث أمكن إستخدام هذا التكنيك في معهد CSSRI بالهند وعديد من المحطات البحثية في برامج تقييم جيرمبلازم المحاصيل لتحمل الملوحة (عن : Singh , 2001) .

وقـــد إستخدمت أحواض الليسوميتر بمعهد البحوث والتدريب في الأرز بســـخا – كفر الشيخ ، حيث قام شحاتة (2004) بتقييم خمسة تراكيب وراثية مـــن الأرز لـــتحمل الملوحـــة بـــنظام السلالة × الكشاف ، وإستخدام إثنين من الأصـــناف همـــا جـــيزه 177 (غير المتحمل للملوحة والجفاف) وجيزه 178 (متحمل للملوحة) وثلاث كشافات هي IET (مقاوم للجفاف)،IR 47686-6-2-2-1 (متوسط التحمل للملوحة والجفاف) و IRAT III (متحمل للملوحة) و 6 هجن ناتجة عنهـــا ، تحت ظروف الملوحة والظروف العاديـــة لدراسة الفعل الجيني المتحكم في تحمل الملوحة والصفات المحصولية .

2- إستخدام البيوت المحمية Greenhouses

يفيد إستخدام البيوت المحمية في عملية تقييم التراكيب الوراثية لتحمل الملوحة ، ويسمح هذا النظام بالتحكم في مستوي الملوحة والعوامل البيئية الأخرى الكبرى . حيث تزرع النباتات في حاويات Containers أو صناديق Boxes في بيئة ملحية ويتم ضبط تركيز الأملاح لتحسين كفاءة عملية الانتخاب، ويختلف هذا التركيز تبعا لحساسية الأنواع تحت التقييم والذي يتباين مع معظم نباتات المحاصيل غير الملحية من 50 mM في الأرز إلى 300 mM كلوريد صوديوم في الشعير . ويجرى تقييم الآباء والهجن تحت مدي من مستويات الملوحة المتدرجة وتحديد التركيز المرغوب في عملية الانتخاب.

ويمكن إستخدام طرق مختلفة لدراسة الإنبات وصفات البادرات في التراكيب الوراثية تحت هذه الظروف على النحو التالي :

أولا – الإنبات

تعتبر مرحلة الإنبات أول مرحلة ممكنة للانتخاب وتوجد عديد من الطرق لتقدير الإنبات تحت ظروف الإجهاد الملحي منها أوراق الترشيح ، آجار – المضاد الحيوي ، الأصص المملوء بالتربة ، الأصص المملوءة بالرمل والحصى ومزارع المحاليل المغذية ، وغرف النمو .

أ- أوراق الترشيح Filter papers

تعتبر من الطرق البسيطة في تقدير الإنبات تحت ظروف الإجهاد ، وتتم بزراعة بذور السلالات في أوراق ترشيح Blotters تبلل بمحلول الملح المناسب (عادة ملح كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم) ، وتوضع في أوعية أو صناديق . ويؤخذ على هذه الطريقة ، التباين في البيئة الدقيقة في داخل أو

بين الأوعية نتيجة البخر والتكثيف وتركيز الأملاح ، الأمر الذي يؤدي إلى تباين تعــرض البذور لإجهاد الملح ، إضافةً إلى الإصابات الفطرية للبذور مع طول فترة التعريض.

ب- مسطح الآجار – المضاد الحيوي Antibiotic – agar plate

إقـترح Carlson ومساعدوه (1983) إستبدال أوراق الترشيح المبللة بطـريقة بيـئة آجار – مضاد حيوي ملحية Salinized antibiotic agar ، تحـتوى على مبيد فطري مناسب لمنع إصابة البذور بفطريات العفن . وتوضع البذور على البيئة المحتوية على التركيز المطلوب من المحلول الملحي ، ويعتبر هذا الاتجاه أكثر ملاءمة مقارنة باستعمال أوراق الترشيح .

فعند تقييم سلالات البرسيم الحجازي والانتخاب لتحمل الملوحة باستخدام أوراق الترشـيح المبللة Moist – paper القياسية ومقارنتها بطريقة الآجار ، أدي الانتخاب بطريقة الآجار إلى زيادة قدرها 3.75 مرة في الإنبات عن طريقة أوراق الترشيح .

وقد استخدمت هذه التقنية في التقييم السريع وتقدير الأساس الفسيولوجي والنشاط الانزيمي المرتبط بتحمل الملوحة في عدد كبير من جيرمبلازم الحمص حيـث أجـرى Singh ومعاونوه (2003e) تعقيم سطحي للبذور ثم عرضت الـبادرات عمـر 8 أيـام لمسـتويات مختلفة من محلول ملحي تركيبه كلوريد صوديوم : كلوريد كالسيوم : كبريتات صوديوم بنسبة 7 : 2 : 1 وضبط درجة التوصيل الكهربي لمستويات الملوحة بجهاز Conductivity meter وتجريب مستويات صفر (كنترول) ، 4 و 8 ديسيمتر/ م.

جـ- الأصص المملوءة بتربة ملحية Pots filled with saline soil

يجرى تقييم سلالات المحاصيل في تجارب الأصص تحت ظروف الصعوبة . والمتبع في البداية إجراء عملية غسيل للتربة ثم تجريب مستويات الملوحة . وتتعرض النباتات تحت هذه الظروف إلى تباين وتغير في حالة الملوحة بين الأصص مع مرور الوقت ، نتيجة إختلاف معدل البخر نتح الناتج عن إختلاف حجم عرش النبات وذلك بالرغم من تماثل محتوي الاصص من الملح في البداية.

وقد ساعدت تجارب الاصص في تقييم مجموعة من جيرمبلازم قمح الخبز إشتملت على ثلاثة أصناف أمريكية وثلاثة أصناف مكسيكية وأربعة أصناف مصرية في أصص 20 × 19سم ملئت بـ 8 كجم تربة كلسية Calcareous من وادي سدر مخلوطة بتربة طينية بنسبة (1 : 1) واستخدمت مستويات ملوحة ماء ري (ماء الصنبور ، 4000 و 8000 جزء في المليون)، حيث قام سلام وعافية (1998) بالتفريق بين الأصناف من خلال دراسة المكونات الكيميائية ودليل الحساسية للملوحة والمحصول ومكوناته .

د- الأصص المملوء بالرمل والزلط Pots filled with sand and gravel

وفي هذه الطريقة تروي الأصص المملوءة بالرمل والزلط بمياه مالحة. وتعتبر هذه الطريقة مفيدة إلى حد كبير بشرط ضبط وإنتظام عملية الري ويمكن ضبط عمليتي الري والصرف أتوماتيكياً.

وقد استخدمت الاصص المملوءة بالرمل تحت ظروف البيوت المحمية في تقييم صنفى الذرة الرفيعة الكينيين Serena , Seredo تحت تركيزات من

كلوريد الصوديوم في محلول مغذي كامل بمستويات ملوحة صفر (كنترول) ، 50 ، 100 ، 150 ، 250 mM كلوريد صوديوم . وإستهدفت الدراسة تبيان إستجابة النمو والعلاقات المائية وتراكم الأيونات لملوحة كلوريد الصوديوم حيث لاحـــظ Netondo وآخرون (2004a) حدوث نقص معنوي في معدلات النمو النسبي للسيقان والوزن الجاف للسيقان ومساحة الأوراق والأنصال مع التركيز الأعلـــى من الملوحة . كما تأثر معنوياً الجهد المائي للورقة والجهد الاسموزي وجهد الضغط للورقة ومحتوى الماء النسبي مع زيادة الملوحة في الصنفين غير أن نســـبة الـــنقص كانت أعلي في بعض الحالات في الصنف Serena مقارنة بالصنف Seredo.

هـــــ- التقيـــيم في المزارع الصناعية (المحاليل المغذية - الملحية)

Evaluation in saline hydroponic culture tanks

تعتـــبر الـــزراعة في بيئات المحاليل المغذية - الملحية - الهوائية من أفضل الأنظمة للتحكم في الإجهاد الملحي . ويعتمد الأساس في هذا النظام على الإمداد المتوازن بالعناصر الغذائية والتهوية المناسبة والتحكم في تركيز المحلول الملحـــي ودرجـــة حموضة (pH) الوسط . وفي هذا النظام يتم ملئ خزانات بالمحلول الملحي تحت ظروف الصوبة ، ويغطي الخزان بشبكة من البوليسترين وتغطـــي الشبكة بطبقة من القماش الجبني ، يُوضع عليها البذور وتغطي بطبقة أخرى من القماش الجبني ويتم رفع مستوي المحلول الملحي إلى الدرجة الكافية لترطيب القماش ويشبع المحلول الملحي بالهواء.

وقـــد أمكن تطبيق نظام الزراعة في الهيدروبونات في الصوبة بجامعة كاليفورنيا والذي يسمح بتقييم الإنبات ونمو البادرات . ويشتمل النظام على 450 خزان Tank مقاس 1 × 4 م ويتسع الخزان لـــ300 قطعة تجريبية 7 × 10سم

يضـــم 35-40 بذرة قمح / خزان ، توضع على القماش الجبني وتغطي بطبقة أخـــرى منه ويرفع مستوي المحلول إلى الدرجة الكافية لبلل القماش الجبني مع رش الـــبذرة بمحلول بيئة الزراعة. ويراعي إستخدام مبيد فطري لحماية البذرة من أمراض عفن البذور وموت البادرات.

ويجـــرى عـــد الـــبادرات المتكشفة على أساس صفات تطور المجموع الجذري والخضرى في المحلول **(Kingsbury and Epstein , 1984)** .

ويراعي عند تعريض النباتات للملوحة في الهيدروبونات ، تجنب حدوث صدمة ملحية ، بأن تتم العملية بالتدريج على فترات لعدة أيام حتى الوصول إلى التركيز النهائي مع عدم إضافة الملح عند بداية فترة الظلام حيث تكون النباتات أكثر حساسية للصدمة.

وعـــند نقل النباتات من النظام الملحي إلى بيئة الزراعة العادية ، ينبغي أيضا تجنب الصدمة بالتدرج التنازلي في تركيز الملح قبل نقل النباتات إلى بيئة الزراعة.

و- التقيـــيم تحـــت ظـــروف غـــرف النمو Evaluation under growth chamber conditions

يفـــيد توظـــيف غرف النمو في برامج تقييم السلالات لتحمل الملوحة، ويسمح هذا النظام بتوفير ظروف النمو المناسبة من درجات الحرارة والرطوبة والإضـــاءة . ولقـــد أفادت غرف النمو في التفريق بين أصناف الشعير والقمح، فلوحظ زيادة تراكم البيتين في أصناف الشعير Jeoniju , Gondar 1 , Haru-nanijou وصـــنف القمـــح Gogatsu ونباتات الراي إستجابة للإجهاد الملحي **(Arakawa *et al.*, 1992 and Ishitani *et al* ., 1993)** .

كمــا ســاعدت فى تقييم عشرة سلالات من الحمص متباينة في تركيبها الوراثــي فــي تــربة تم إمدادها بــ صفر ، 50 ، 75 ، 100 mM كلوريد صـــوديوم ، لدراســة تأثــير الملوحة على صفات النمو وتكوين العقد الجذرية وتثبيت النيتروجين (Singh *et al.* , 2003c) .

ثانياً: النمو وقدرة البادرات على الحياة Seedling survival and growth ability

فــي هذا الاتجاه ، تنبت البذور تحت الظروف العادية (غير الملحية) ثم تعرض البادرات لظروف ملحية عند مرحلة النمو المطلوبة . وتتم عملية التمليح في غرف النمو أو في الهيدروبونات بأسلوب التدرج خطوة – خطوة – Step wise manner على فترات لعدة أيام ، كما يتبع أيضا أسلوب التدرج خطوة – خطوة عند نقل النباتات من تجارب الملوحة . ويجب مراعاة عدم تغيير مستوي الملوحـــة عـــند بداية فترة الظلام نظراً لإن البادرات في هذا الوقت تكون أكثر حساسية للصدمة الملحية .

وينبغـــي أن يكـــون تركيب المحلول الملحي المستخدم في التقييم مماثلاً لنوعية الأملاح في التربة الهدف . وأغلب الأملاح الشائعة في الأراضي الملحية هـــي كلوريـــد الصـــوديوم وكبريـــتات الصوديوم وكلوزيد البوتاسيوم وكلوريد الماغنســـيوم وكلوريـــد الكالســـيوم .غير أنه في معظم طرق الانتخاب يستخدم محلول كلوريد الصوديوم والذي يضاف عادة مع محلول كلوريد الكالسيوم بنسبة 1 : 2

3- إستخدام مزارع الأنسجة Tissue culture

يعتبر فهم مختلف الأسس الكيموحيوية والفسيولوجية والنشاط الخلوي في النـبات علـى مسـتوي البيئات الدقيقة ، من الأمور الهامة في دراسات تحمل الملوحة ، وتفيد مزارع الأنسجة في تحقيق هذا الغرض.

وتتباين النتائج المتحصل عليها من زراعة الأنسجة ، ويتوقف ذلك على التركيـب الوراثي وظروف بيئة النمو . فعلي سبيل المثال ، فإن مئات النباتات المستولدة من كالوس البرسيم الحجازي في بيئة كلوريد الصوديوم كانت متقزمة وحساسـة للإصـابة بالأمراض ، كما أن النباتات المتجددة من الأرز لم تزهر (Yano *et al.* , 1982) . إلا أنـه على الجانب الأخر ، ومع تطور تكنيكات زراعة الأنسجة أمكن الحصول على تباينات ثابتة المقاومة للملوحة في محاصيل القمح والشوفان والأرز والكانولا والدخان (Nabors , 1983) .

* نظام الانتخاب باستخدام زراعة الأنسجة In vitro selection

يعتبر نظام الانتخاب للمقاومة للملوحة باستخدام تقنيات زراعة الأنسجة النباتية من النظم السهلة والسريعة .. حيث يجرى زراعة الخلايا إما منفصلة أو في صورة كالوس على بيئة مغذية سائلة أو صلبة تبعاً للجزء النباتي المستخدم. وتحتوى البيئة المغذية على العناصر والمكونات الأساسية التي تحتاجها الخلايا النباتـية لاستمرار إنقسامها ونموها ، مع إمداد البيئة المغذية بمستويات متدرجة مـن ملـح كلوريد الصوديوم ، وهو الأكثر شيوعاً في تجارب تقييم الملوحة . حيـث يـتم تحديد تركيز كلوريد الصوديوم في البيئة المغذية الذي يتوقف عنده نشاط الخلايا المنزرعة والذي يعرف بالتركيز القاتل ، وهو التركيز الكافي لقتل أكـثر من 95 % من الخلايا ، حيث يعاد إنتخاب الخلايا المقاومة والقادرة على

الحـــياة لإنتاج نبيتات ثم نباتات متجددة أكثر مقاومة ، حيث أمكن عزل سلالات خلايا مقاومة للملوحة في عديد من المحاصيل الحقلية.

وتعتـــبر طريقة الانتخاب خطوة – خطوة Step wise selection من أكثر الطرق فعالية في تميز وتكشف وإنتاج نباتات متجددة ، بما يفسر أن الإقلمة التدريجية للأنسجة خطوة – خطوة بزيادة تركيزات كلوريد الصوديوم من أفضل طرق الانتخاب لتحمل الملوحة .

وتجدر الإشارة إلى وجود بعض الدراسات التي أجري فيها إستخدم ماء البحر حيث يعتبر ممثلاً للأملاح المختلفة . ولقد أجرى العديد من الأبحاث لتقييم تحمل الملوحة وإنتاج نباتات باستخدام زراعة الأنسجة في المحاصيل المختلفة، كمـــا أمكن معرفة مواقع الجينات على الكروموسومات التي تتحكم في المقاومة وما يرتبط بها ، مما سهل من عملية التحسين الوراثي لتحمل الملوحة ومن أهم النتائج التي تم التوصل إليها ما يلي :

قـــام **Trivedi** ومساعدوه (**1991**) بدراسة الاستجابة للإجهاد الملحي على مستوي الكالوس لستة أصناف من القمح متباينة في تحمل الملوحة هـــي ســـخا 8 و Plainsman المقاومة للملوحة و Chinese Spring متوسط المقاومـــة والأصـــناف Caribo , Regina , Cappelle Desprez الحساسة للملوحة . وتم زراعة هذه الأصناف في بيئة تحتوي على تركيزات صفر ، 0.1 ، 0.2 ، 0.3 مول كلوريد صوديوم . وتم تقدير معدل النمو والمحتوى الكلي من النيتروجيـــن والفوسفور والبوتاسيوم . ودلت النتائج أنه عند تركيز 0.1 مول كلوريد صوديوم ، قد حافظت الأصناف المقاومة سخا 8 و Plainsman على معدل نموها ، بينما حدث تثبيط لنمو كالوس الصنف متوسط المقاومة Chinese Spring والأصـــناف الحساسة Regina , Caribo, Cappelle Desprez .

ولوحـظ إنخفـاض معـدل النتروجين والفوسفـور في كالـوس الأصـناف المقاومـة للملوحـة سخـا 8 و Plainsman ، بينما كان المحتوي مرتفعاً في كالوس الأصـناف الحساسـة Regina,Caribo , Cappelle Desprez .

وقـد إزداد محـتوى البوتاسـيوم في الصنف المقاوم سخا 8 مع زيادة الإجهاد الملحـي ، بينما ظل كما هو دون تناقص في باقي الأصناف الأخرى . ويشير ذلك إلى أن قياسات النمو ومحتوي النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم تعتبر من عوامـل التكـيف لظروف الإجهاد الملحي . كما أن زراعة الكالوس يمكن أن تعطـي تراكيـب وراثـية متحملة يمكن الاعتماد عليها في الاستجابة لظروف الإجهاد الاسموزي الملحي .

هذا وقد درس **Diaz – de – Leon وأخرون (1995)** إمكانية الغربلة السـريعة In vitro rapidly screening لتحمل أقماح الخبز للملوحة ، وذلك بـزراعة أجنة 14 صنف وغربلتها لتحمل الملوحة على بيئة MS مضافاً إليها 30 جـم سكروز / لتر مع 50 ، 100 ، 150 ملليمول من كلوريد الصوديوم . وقـد تـم تقييم البادرات بعد 8 أيام من المعاملة لصفات إرتفاع البادرة وطول الجـذر وعـدد الجذور . وتم تقسيم الأصناف تبعا لتحملها للملوحة إلى الأقسام الأتية :-

1- مـتحملة Tolerant : تراوحـت نسبة التثبيط بين صفر – 35 % مقارنةً بالكنترول.

2- متوسطة التحمل Moderately tolerant : تراوحت نسبة التثبيـط مـن 36–68 % مقارنةً بالكنترول.

3- حساسة Sensitive : تراوحت نسبة التثبيط فيها بين 69–100 % مقارنةً بالكنترول

وعـــن طـــريق قياس إرتفاع البادرة وصفات الجذر ، وجد أن الصنفين Kharchia , Shorawaki كانا أكثر تحملا للملوحة حتى تركيز 150 ملليمول كلوريد الصوديوم ، ولم يؤثر كلوريد الصوديوم معنوياً على عدد الجذور.

ولمـــا كـــان البرســـيم الحجازي من المحاصيل المتحملة نسبياً للملوحة ونقـــص الماء وأن نشاط إنزيمى acid phosphatase و Phytase يرتبط مع تحمـــل الأصـــناف للملوحـــة ، فقد تم زراعة كالوس صنفي البرسيم الحجازي Yazdi , Hamedani علـــى بيـــئة MS تحتوى على صفر ، 2 ، 4 ، 6 ، 8 و10% مـــا نيتول ، وإضافة صفر ، 0.2 ، 0.4 ، 0.6 ، 0.8 و 1 % كلوريد صـــوديوم ، حيـــث لوحـــظ إزدياد نشاط إنزيم الفوسفاتيز الحامضى مع زيادة الإجهـــاد الملحـــي فـــي الصنفين ، وقد إزداد نشاط الانزيم بدرجة ملحوظة في الصـــنف Yazdi ، مقارنـــة بالصـــنف Hamedani **(Ehsanpour and Amini , 2003)**.

وفي زهرة الشمس ، استخدم تكنيك زراعة **منفصلات الجذور ، السويقة الجنينية السـفلي والعليا والأوراق الفلقية** لبادرات أربعة أصناف عمر 7 أيام تحـــت مستويات ملوحة (صفر ، 80 ، 160 ، 240 ، 320 mM من محلول كلوريـــد الصـــوديوم) في قياس تحمل الملوحة من خلال تقدير محتوي أيونات Na^+ ، K^+ ، Cl^- ، Na^+ / K^+ ، حيث أظهرت النتائج تميز الصنف PAC-36 بقدرة عالية على إنتاج أعلى معدل نمو سريع ومبكر على مستوي الكالوس والذي يعتبر مؤشراً لمقدرة الصنف على تحمل الملوحة **(Madhulety and Jyotsna , 2003)**.

وتســـتخدم **زراعة البروتوبلاست** في دراسة الإجهادات البيئية المختلفة حيـــث تتوقف حيوية البروتوبلاست على حيوية التركيب الوراثي . فعند دراسة

مدي إستجابة البروتوبلاست المفصول من الأوراق الصغيرة لأصناف القمح جيزه 155 ، جيزه 157 ، سخا 8 وسخا 92 تحت مستويات ملوحة مختلفة (صفر ، 2000 ، 4000 ، 6000 ، 8000 ، 10000 جزء في المليون من كلوريد الصوديوم) . دلت النتائج على تفوق الصنف سخا 92 عن باقي الأصناف تحت الدراسة في حيوية البروتوبلاست مع زيادة تركيز الملوحة ، حيث كان الأكثر تحملاً عند المستويات العالية من الملوحة ، في حين كان الصنف جيزه 155 الأقل في تحمل الملوحة خاصة عند التركيزات العالية. وأظهرت الدراسة أن إختلاف حيوية البروتوبلاست بين الأصناف الأربعة تحت ظروف الإجهاد الملحي ربما يكون ناتجاً عن تباين التعبير الجيني تحت ظروف الملوحة **(Abdrabo and Reda , 1994)**.

4- التقييم تحت الظروف الحقلية Evaluation under field conditions

قد يتباين مستوي ملوحة التربة تحت ظروف الحقل الواحد من مستوي منخفض إلى مستوي عالي يصل إلى 50 ديسيمتر/ م . وهذا الاختلاف قد يكون أفقياً والذي يمكن ملاحظته بمجرد النظر إلى الحقل ، أو قد يكون رأسيا داخل قطاع الأرض ويصعب معرفته إلا بالتحليلات الكيماوية بأخذ عينات على أعماق مختلفة من سطح التربة ، كما تؤثر الظروف البيئية كالحرارة والرطوبة على معدل البخر نتح وحركة الأيونات ، الأمر الذي يجعل من تقييم التراكيب الوراثية لتحمل الملوحة أمراً صعباً.

وتستطيع جذور النباتات أن تتجنب المساحات المالحة وتحصل على الماء والعناصر الغذائية من المساحات الأقل ملوحة . ويعتبر مظهر النبات

وحالة النمو تحت هذه الظروف دليلاً على الهروب وليس المقاومة إعتماداً على إنتشار المجموع الجذري في المساحات غير الملحية من قطاع التربة.

ويعتبر إختبار مواد التربية عند مستويات ملوحة تربة وماء ري مختلفة من الطرق التي تبدو ملائمة لعملية التقييم ، ويفيد إدخال معاملة كنترول في تجارب تقييم المحصول Potential yield ، ويسمح ذلك بممارسة عملية الانتخاب في مواد التربية خلال الأجيال الانعزالية .

وتجدر الإشارة إلى ضرورة إجراء عملية الغربلة للمواد الوراثية تحت ظروف من جهد البخر نتح المعتدل مع إختيار الموقع والموسم المناسب حتى يكون إختبار مواد التربية طبقاً لبيئتها الحقيقية.

ولما كانت مشكلة الملوحة ، تعزي إلى وجود نوع واحد أو عديد (توليفة) من الأملاح مثل كلوريد الصوديوم ، كلوريد الكالسيوم ، كلوريد الماغنسيوم ، كلوريد البوتاسيوم وكبريتات الصوديوم ، فإنه يجب تحديد نوعية الأملاح السائدة في البيئة الهدف وتركيز محلول الملح المناسب لعمل الانتخاب. وعموماً يمكن تقييم مواد التربية تحت الظروف الحقلية من خلال الطرق الآتية :

4. 1 – الري بمياه مالحة في حقل أرض عادية (غير ملحية)
Nonsaline field with saline irrigation

ويجرى في هذه الحالة تقييم وغربلة مواد التربية في حقول عادية غير ملحية ذات تربة طينية – رملية جيدة الصرف ويتم استخدام ماء ري ذو مستويات ملوحة مضبوطة على سبيل المثال ، 3000 ، 6000 ، 9000 جزء في المليون . ويراعي قبل الزراعة إجراء ريات متكررة لإزالة الأملاح المتراكمة وتثبيت تجانس التربة . ويمكن إستخدام هذا الاتجاه في برامج غربلة

وتقيـــيم **الآباء** والسلالات المنتخبة تحت مستويات ملوحة متعددة ، **أو في تقييم الأجيال الانعزالية** تحت مستوي ملوحة واحد .

حيـــث أمكن ممارسة عملية الانتخاب في حشيشة القمح Wheatgrass بالـــري بمـــاء ملوحته 6000 وتدرج حتى 12000 جزء في المليون ، وأمكن إستبعاد حوالي 50% من العشائر الحساسة والإبقاء على التراكيب الأكثر تحملاً **(Dewey , 1962)**.

4. 2- الـــري بمـــياه مالحة في حقل أرض ملحية Saline field with saline irrigation

يمكن تقييم مدي تحمل السلالات والأصناف للملوحة بالزراعة في مواقع معـــروف مستوي الملوحة بها ، حيث تصمم تجارب حقلية في مكررات ، بعد تجميع عينات من التربة قبيل الزراعة في موقع التجريب على أعماق 20 و 40 ســم ، وتحـــدد درجة التوصيل الكهربي (EC) على مستخلص التربة المشبع وتحسب كمتوسط بالمليموز / سم عند 25 ْم للعينة . ويجرى تنفيذ العمل البحثي التجريبي ، بمياه ري ذات تركيزات مضبوطة ومعروفة من الملوحة .

وفـــي هـــذا الصـــدد قـــام **سلام وعافيه (1998)** بتصميم تجربة حقلية بمكـــررات وتقدير ملوحة مستخلص التربة (9 ديسيمنز / م) والري بمياه ذات درجة ملوحة منخفضة (3260 جزء في المليون) وملوحة عالية (7680 جزء فـــي المليون) لتقييم عشر تراكيب وراثية من القمح إستناداً إلى مؤشرات دليل الحساســية للملوحة والمحصول ومكوناته وبعض الخصائص الفسيولوجية مثل محتوي الكلوروفيل وبعض المكونات الكيميائية مثل البرولين والأحماض الأمينية الحـــرة والبروتيـــن الذائـــب والحمـــض النووى دنا و رنا ومحتوي الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والماغنسيوم.

كمـــا قـــام **مصـــطفي (2006)** بـــتقدير ثبات عشر أصناف من القطن المصري تحت ظروف ملوحة التربة السائدة برأس سدر – جنوب سيناء ، بلغت 7.5 ديسيمتر/ م (كمتوسط للموسمين) والري بتركيزات متدرجة من ملوحة ماء الــري 2000 ، 4000 ، 6000 و 8000 جزء في المليون ، عن طريق خلط مياه الآباء + مياه الصنبور في خزانات كبيرة وعند الوصول إلى تركيز الملوحة المطلـــوب والذي يقاس بجهاز EC-meter يتم إجراء عملية الري ، وهكذا يتم ضبط باقي مستويات ملوحة ماء الري . وقد قام الباحث بالتفريق بين الأصناف علـــى أســـاس قياسات المحصول ومكوناته ودليل الحساسية للملوحة والمكونات الكيميائية مثل البرولين والبوتاسيوم والصوديوم والماغنسيوم.

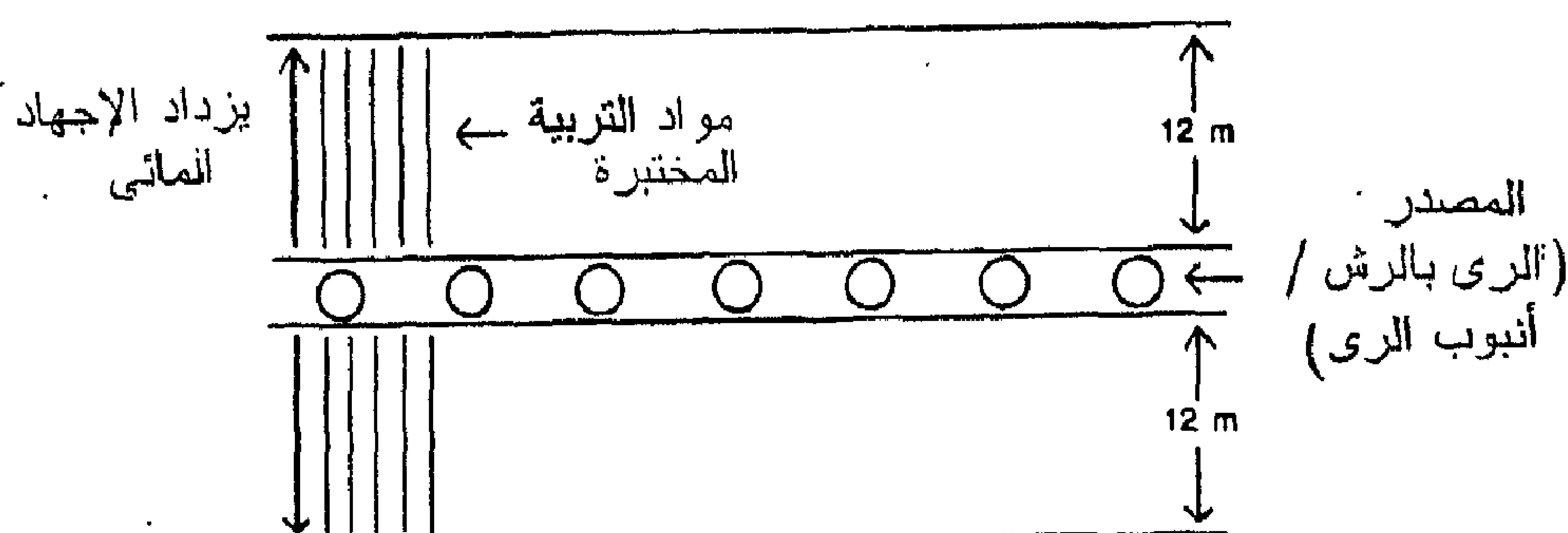
4. 3- التقيـــيم في القطع التجريبية الصغيرة Screening micro plots

تســـتخدم القطع التجريبية الصغيرة مع مستويات مختلفة من الملوحة أو الصـــودية المـــتحكم فيها في تقييم متوسط أداء الأصناف وإستجابتها للملوحة . وتســـمح هذه الطريقة بإمكان المحافظة على مستويات معينة من الملوحة تحاكي ظـــروف الحقل دون تفاوت في درجة تباين التربة ، ففي قصب السكر تستخدم قطع تجريبية صغيرة تتراوح من سطر فردي إلى 2–3 سطور أو بحجم 2 × 2 متر مربع .

4. 4 – إستخدام طريقة تدرج الإجهاد من المصدر Line – Source irrigation saline gradient

يســـمح هـــذا النظام بتقييم مواد التربية تحت مختلف أنظمة الإجهاد في بـــرامج الانتخاب لتحمل الملوحة كما في الجفاف بإحداث تركيزات متدرجة من

الأملاح (Chauhan , 1984) ، لاسيما في حالة نظام الري بالرش (شكل 1 - 12) ، حيث تزرع مواد التربية متعامدة على خط الري ، وتكرر زراعة التراكيب الوراثية على نفس الجانب أو على الجوانب المقابلة لخط الري بالرش، حيث يخضع كل تركيب وراثي لتدرج في الإجهاد الملحي والذي يزداد مع المسافة من خط الرش.



شكل (1 - 12) : تدرج الإجهاد المائي بطريقة الخط - المصدر للانتخاب لمقاومة الإجهاد

مقاييس تحمل الملوحة
Measurements of salinity tolerance

يعتبر توفر تراكيب وراثية تتميز بصفات محصولية جيدة والقدرة على الحياة مع توليفة الصفات الهامة المرتبطة بتحمل الملوحة من الأهمية بمكان فى برامج الإنتخاب .

فمن الأهمية بمكان دراسة العمليات الفسيولوجية والأيض المتخصصة والانزيمات المتحكمة في مسارات التخليق الحيوي وتحديد الجينات المسئولة عنها في علاقتها وتحمل الملوحة ، وهنا تفيد التقنية الحيوية متمثلة في البيولوجيا الجزيئية ومعلمات الجينات في الإسراع للوصول إلى هدف المربي.

فقد أوضحت بعض الدراسات أهمية الانتخاب لمقياس واحد من الانتخاب لمجموعة من الصفات **(Ashraf , 1994)** ، في حين أن التركيز على الصفات البسيطة سهلة القياس ، المشجعة على تحمل الملوحة خلال مرحلة الإنبات أو نمو البادرات أو التزهير أو أي مرحلة يبدو عندها النبات حساساً للملوحة يعتبر أكثر فاعلية في عزل السلالات المبشرة المتحملة للملوحة (**Cruz *et al.* , 1990**) . ويوجد عدد من النقاط يجب أخذها فى الإعتبار فى هذا المجال منها :

1- أنه ليس جميع هذه الصفات ترتبط مع تحمل الملوحة في جميع أنواع المحاصيل.

2- تختلف الميكانيكيات الفسيولوجية في عديد من الحالات من صنف إلى آخر في داخل النوع الواحد.

3- أن تقدير هذه المؤشرات يتطلب جهد كبير ، خاصة عند تقديرها على عدد كبير من التراكيب الوراثية تحت ظروف المقارنة وظروف الملوحة ،لتقييم الأهمية النسبية . كما أن المؤشر الجيد للإجهاد ينبغي توحيده خلال دورة حياة النبات .

هذا وقد اقترح العلماء ، أن إنتاج المادة الجافة Biomass production كمقياس توحيدي يعتبر مدلولاً للإجهاد الواقع تحته النبات ، ومن ثم فإن الانتخاب على أساس متوسط سلوك النبات الكلي Whole plant performance يعطي مؤشراً للانتخاب لتحمل الملوحة.

ويوجد عديد من المعايير الانتخابية المستخدمة في تقدير المقاومة للملوحة يمكن سردها في الآتي :

1- قدرة الخلايا على البقاء حية (حيوية الخلايا) Cell survival

تقـــاس قدرة الخلايا على البقاء حية بغمر قطاعات من الأنسجة النباتية لمـــدة 24 ســـاعة فـــي محلول بتركيز ملحي معروف ، ثم تنقل القطاعات إلى محلـــول جلوكوز قوي Hypertonic ، حيث تعطي نسبة الخلايا التي حدث لها بلـــزمة مؤشـــراً لقدرة الخلايا على الحياة . ويعتبر هذا المعيار دليلاً جيداً على مقاومـــة الملوحة مقارنة بالمعايير التي تعتمد على الوزن الجاف أو المحصول، خاصة عند تجريب مستويات مختلفة من الملوحة.

2- الإنبات Germination

يســـتخدم إختـــبار إنبات البذور في وسط ملحي كمعيار فردي للمقاومة للملوحـــة ، لاسيما في الأنواع التي تتميز بحساسيتها للملوحة في مرحلة الإنبات عـــن مراحل النمو التالية . ويرتبط تأثير الإجهاد الملحي إلى حد كبير بمرحلة تشرب البذور للماء Seed imbibition.

وجدير بالذكر ، أنه لا توجد مؤشرات عن إرتباط المقاومة عند مرحلة الإنبات مع المقاومة عند المراحل المتأخرة من النمو ، ولذا فإن هذا المقياس قد لا يكون ذو أهمية في الأنواع التي تكون المراحل التالية من النمو أكثر حساسية للإجهاد الملحي عن مرحلة الإنبات.

3- تراكم المادة الجافة Dry matter accumulation

يعتبر الوزن الجاف للبادرات أو النبات مؤشراً جيداً للمقاومة للملوحة ، حيث يعبر عن تكامل التأثيرات المختلفة للاستجابة للملوحة ، إلا أنه يؤخذ عليه النقاط الآتية :

1- يؤدي تقدير المادة الجافة إلى فقد النبات قبل إنتاجه البذرة ، ومن ثم لا يمكن تطبيقه في الأجيال الانعزالية.

2- تــؤدي الاختلافات الوراثية في القدرة على النمو إلى التأثير على دلالة هذا المقياس.

3- مــن المفضل إستخدام هذا المقياس تحت ظروف محددة من الإجهاد وعدم الإجهــاد لجميع التراكيب الوراثية تحت التقييم ، الأمر الذي يضاعف من الجهد والنفقات .

4- إصفرار وموت الأوراق (الشيخوخة) Leaf colour or death (Senesence)

يــؤدي الإجهــاد الملحـــي إلى حث موت الأوراق والدخول في مرحلة الشيخوخة . ويمكن تقدير ذلك بمجرد النظر على مقياس من 1 – 9

حيث 1 : يشير إلى أن الصنف عالي التحمل

9 : يشير إلى أن الصنف عالي الحساسية

علـــى أساس أي من الاتجاهين ، الأول : مساحة الأوراق الكلية الميتة والثاني : عدد الأوراق الميتة .

ويجـــب أخـــذ هـــذا القياس قبل بداية دخول الأوراق مرحلة الشيخوخة الطبيعـــية . ويعتـــبر هـــذا المؤشر من المقاييس الفعالة جداً في عزل النباتات المقاومة من العشائر النباتية.

5- محتوي الأيون بالورقة Leaf ion content

نظـــراً لأن المقاومـــة للملوحة تعتمد على إستبعاد الملح فيعطي محتوي الورقة من أيون العنصر مؤشراً عن المقاومة للملوحة . وعلى أية حال ، يعتبر هذا التقدير عادة غير مرغوب لعديد من مربي النباتات.

6- نكرزة الورقة Leaf necrosis

عادة ما يسبب تراكم أيونات معينة مثل الكلوريد Cl^- والصوديوم Na^+ أو البوتاســـيوم K^+ حـــدوث تغـــيرات لونية ونكرزه بالأوراق . ويستخدم هذا المقياس كمعيار للمقاومة للملوحة إذا ما أعتمد على أساس إستبعاد الأيون .

7- نمو الجذور Root growth

يعـــبر نمـــو الجذور الجيد عن المقاومة النسبية للنبات لسمية العناصر وضــــرر الملوحـــة . وتـــتوفر حالـــياً عديد من الطرق لقياس صفات المجموع الجذرى تُعين مربى النبات فى ربط خصائص الجذور مع تحمل الملوحة .

8- التنظيم الاسموزي Osmoregulation

يقاس التنظيم الاسموزي في صورة تراكم الذائبات العضوية كالبرولين والجليســـين بيتين والكربوهيدرات وغيرها كاستجابة للإجهاد الملحي : ويتحدد التنظيم الاســـموزي بقدرة الخلايا على الاحتفاظ بحالة الامتلاء تحت ظروف الإجهـــاد . ويقدر هذا المعيار في شكل ذبول الورقة ، جفافها والنضج المبتسر. ويعتـــبر هـــذا المعـــيار مفضـــلاً ، خاصة في الحالات التي يمثل فيها الضغط الاسموزي أهمية في مقاومة الملوحة.

9- المحصول Yield

يعتبر المحصول الاقتصادي معياراً هاماً للانتخاب ودليلاً على المقاومة للملوحة . حيث يجري تقدير محصول النبات الفردي خلال الأجيال الانعزالية، فـــي حيـــن يعتبر تقدير محصول وحده المساحة أكثر قبولاً في حالة السلالات المنتخبة أو التراكيب الوراثية الناتجة تحت مستويات الملوحة المختلفة.

10- نسبة النقص (RD %) Reduction percentage

$$RD\ \% = (LS - HS) / LS * 100$$

حيث:

HS : تقدير الصفة عند مستوي الملوحة العالي.

LS : تقدير الصفة عند مستوي الملوحة المنخفض.

ولقـــد قسم **Asch وآخرون (1997)** سلالات الأرز تبعاًلتحمل الملوحة على أساس النقص في المحصول على النحو التالي :

سلالات متحملـــــــــــــة : يحدث نقص في المحصول بنسبة تصل إلى 40 %

سلالات متوسطة التحمل : تتراوح نسبة النقص في المحصول بين41 – 50%

سلالات متوسطة الحساسية :تتراوح نسبة النقص في المحصول بين51– 60%

سلالات عالية الحساسيـــة : يحدث نقص في المحصول بنسبة > 61%

11- القيمة النسبية للمحصول (Relative value (RV %

$$RV = (S_2 / S_1) * 100$$

حيـــث S_1 ، S_2 : قيمة متوسط الصفة عند المستوي المنخفض والعالي من الملوحة ، على الترتيب . وتشير التقديرات المرتفعة لهذا المعيار إلى الصفة المرغوبة (**Keshta *et al.* , 1999**) .

12- دليل الحساسية للملوحة Salinity sensitivity index(S I)

يعتـــبر أحـــد الدلائـــل الانتخابـــية المستخدمة في برامج التربية لتحمل الملوحة، فهو مؤشر لتحمل الملوحة على أساس تقديرات النقص في المحصول تحت ظروف الإجهاد مقارنةً بالظروف المثلي

$$SI = (1 - Ys / Yc) / S$$

حيث :

Ys : متوسط محصول حبوب الصنف تحت ظروف الإجهاد الملحي.

Yc : متوسط محصول حبوب نفس الصنف تحت الظروف العادية (المقارنة).

S : شدة الملوحة .

حيث S = 1- (المتوسط العام لمحصول جميع الأصناف تحت ظروف الملوحة / المتوسط العام لمحصول جميع الأصناف تحت الظروف العادية).

وتـــدل القيمة المنخفضة لدليل الحساسية للملوحة (1 >) على إنخفاض حساســـية الصنف لظروف الإجهاد الملحي (الصنف أكثر تحملاً) . وبناءً على هذا الدليل ، يمكن تصنيف الأصناف إلى متحمل أو حساس للملوحة **(Fischer and Wood , 1979)** .

ويمكـــن القـــول بأنـــه لا يوجد معيار فردي للمقاومة للملوحة ، يمكن الاعـــتماد عليه أثناء عملية الانتخاب يؤدي إلى تقييم الناتج الاقتصادي . وعليه فمن المرغوب فيه ، أن يشمل التقييم أكثر من معيار في برنامج الانتخاب ، كما يجـــب أخـــذ المحصول تحت ظروف الإجهاد كمكون هام ومعيار دقيق لتحمل الملوحة.

القسم الثاني

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل نقص العناصر الغذائية

Genetics and Breeding Crops for Nutrient Elements Deficiency Tolerance

القسم الثاني

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل نقص العناصر الغذائية
Genetics and Breeding Crops for Nutrient Elements Deficiency Tolerance

مقدمة

يمثل إجهاد نقص العناصر الغذائية أحد المشاكل الرئيسية التي تؤثر على نمو وإنتاجية المحاصيل ، وأحد محددات الأمن الغذائى ، حيث تشير التقارير إلى تزايد مساحة الأراضى المتأثرة بنقص العناصر الغذائية نتيجة التغيرات المناخية وإنخفاض محتوى الأرض من المادة العضوية ومن ثم نقص خصوبة التربة والقدرة على الاحتفاظ بالماء . فيعانى ربع أراضي العالم تقريباً من إجهاد العناصر الغذائية . ويختلف إجهاد العناصر من أرض إلى أخرى ومن منطقة إلى أخرى . هذا وقد بلغت قيمة الفاقد فى الإنتاج الكلى فى آسيا نتيجة نقص عنصر الحديد حوالى 7.6 مليون دولار (عن : **Chopra, 2001**) ، وبلغت نسبة النقص فى الإنتاج الكلى ومحصول قصب السكر في شبه القارة الهندية ، نتيجة نقص العناصر الغذائية حوالي 25-45 % ، وتراوحت نسبة النقص في محتوي السكروز من 8–16 % **(Dwivedi , 1995)**.

ويؤثر نقص العناصر الغذائية في بيئة النبات على مدي توازن الوجبة الغذائية التي يتناولها الإنسان ، لاسيما في الدول الفقيرة مؤدياً إلى مشاكل سوء التغذية ، حيث يعاني حوالي 3000 مليون نسمة من نقص الحديد في العالم **(Underwood , 2000)** ، ويرتبط نقص الحديد بنقص الزنك ومن ثم نقص القيمة الغذائية للمنتج النباتي **(Welch , 2001)**.

ويوجد في الوقت الراهن العديد من الجهود البحثية التي تهدف إلى زراعة الأراضي الهامشية ، حيث يمكن أن نتوقع في المستقبل غير البعيد ، إمكانية تحقيق ربحية من زراعة مساحات من الأراضي في المناطق الجافة وشبه الجافة الأقل خصوبة.

ويرتكز المربي في توجهاته عند زراعة الأراضي التي تتسم بنقص العناصر الغذائية على التركيب الوراثي المحسن وتحسين العمليات الزراعية والاستخدام الجيد للأسمدة.

ومن حسن الحظ ، تتوفر قدرات وراثية تساعد المربي على تحسين المحصول من خلال زيادة كفاءة إستخدام الماء والاستفادة من الأسمدة وتحمل ظروف البيئة القاسية.

ويمثل إضافة العناصر الغذائية في صورة سمادية أحد الحلول لهذه المشكلة غير أنه في الدول النامية ، يعتبر التسميد عملية مكلفة ، كما تبدو عملية إستيراد ونقل الأسمدة أكثر صعوبة ، هذا إلى جانب صعوبة تحقيق تغيير جوهري في مستوي خصوبة التربة المنخفض .

ويعتبر تربية أصناف من المحاصيل أكثر كفاءة في الإستفادة من العناصر المتاحة وأكثر تحملاً للجفاف من الأهداف الهامة لمربي النبات في التغلب على هذه المشاكل . ويعتبر توفر المعلومات عن مجموعة الصفات المرتبطة بالقدرة على إمتصاص والاستفادة من العناصر الغذائية سواء المتاحة في التربة أو المضافة خارجياً وتحسين العمليات الزراعية مطلب ضروري في هذا المجال . حيث يمكن نقل هذه الصفات من السلالات البرية أو عشائر المحاصيل التي تعرضت لعوامل الانتخاب الطبيعي والتي غالباً ما تكون منخفضة في قدراتها المحصولية إلى أصناف المحاصيل المنزرعة.

ويعتبر التعاون بين مربي النبات وعلماء الوراثة والفسيولوجي والكيمياء الحـيوية وتغذية النبات ومنتجي الأسمدة والاستفادة ببرامج الكمبيوتر من الأمور الهامـة في هذا المضمار. فعند تكامل هذه المعلومات يمكن الوصول إلى الهدف المنشود.

الباب الأول

العناصر الغذائية
Nutrient Elements

يبلغ عدد العناصر الغذائية الضرورية للنبات ستة عشر عنصراً ، تشمل العناصر الكبرى التي يحتاج إليها النبات بكميات كبيرة والعناصر الصغرى التي يحتاج إليها النبات بكميات قليلة.

ولقد قسمت العناصر طبقاً لسلوكها الكيموحيوي ووظائفها الفسيولوجية في النبات إلى المجاميع الأربعة الآتية **(Mengel and Kirbky , 1982)** :

1- **المجموعـــة الأولـــى** : عناصر بنائية وهي تعتبر مكون رئيسي في المواد العضوية ، وتدخل في العمليات الانزيمية وتفاعلات الأكسدة والاختزال ،مثل الكربون والهيدروجين والأوكسجين والنيتروجين والكبريت . وتكون عناصر الكربون والهيدروجين والأوكسجين 95% من الوزن الجاف للنبات ويحصل عليها من الهواء والماء.

2- **المجموعـــة الثانـــية** : عناصر تدخل في تفاعلات إنتقال الطاقة وتفاعلات الاستر مع مجاميع الكحول الأصلية في النبات مثل الفوسفور والبورون.

3- **المجموعـــة الثالـــثة** : وتلعب دوراً هاماً في الاتزان الاسموزى والأيونى بالإضـــافة إلـــى وظائف أكثر تخصصية في تكوين وتنشيط الانزيمات ،مثل البوتاســـيوم والكالســـيوم والمنجنـــيز و الماغنسيوم والكلوريـــن والصوديوم و الكوبلت.

4- المجموعـــة الرابعة : عناصر تدخل في جزيئات كبيرة أساسها البروتينات والانـــزيمات وتوجـــد كمخلبات تركيبية ، وتعمل على إنتقال الالكترون عن طريق تغير التكافؤ ، مثل الحديد والنحاس والزنك والموليبدنم .

أولاً: العناصر الكبرى
Macroelements

تشـــمل العناصـــر المغذية الكبرى ، النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم الكبريت والكالسيوم والماغنسيوم وهي عناصر يحتاجها النبات بكميات كبيرة ، كما أنها ضرورية لحياة النبات ، حيث تسهم مباشرة في تغذية النبات ولا يستطيع النـــبات تكملـــة دورة حياته إلا في وجود العنصر ولا يستطيع عنصر آخر أن يحمل محله أو يقوم بنفس وظيفته.

النيتروجين Nitrogen

يعتـــبر النيتروجيـــن (N) أحـــد المغذيات الكبرى الضرورية للنبات ، ويحتاجه النبات بكميات كبيرة . وهو من أكثر العناصر المغذية الشائع نقصها في الأراضي والتي يستوجب إضافتها لاسيما في المحاصيل غير البقولية.

ويعتبر الهواء الجوي المصدر الأصلي للنيتروجين إذ يمثل حوالي 79% مـــن حجم الهواء الجوي ولا تحتوى الصخور الأصلية ومعادن التربة على هذا العنصر . وتتراوح نسبته في النباتات المختلفة من 1 - 5 % من المادة الجافة ، بمتصه النبات عن طريق الجذور والأوراق في عدة صور منها أيون الأمونيوم N أو أيون النترات No_3^- . وتحتوي المادة العضوية على 5 % نيتروجين . ويوضح جدول (2 – 1) الحدود الحرجة للنيتروجين والتي تحدد مدي خصوبة التربة بعنصر النيتروجين.

جدول (2-1) : الحدود الحرجة للنيتروجين بالتربة بطريقة براى بالجزء فى المليون

حالة التربة	محتوى النيتروجين بالتربة
فقيرة	صفر - 40
متوسطة (مدى طبيعى)	80-41
غنية	120-81
غنية جداً	120 <

(عن : هميسه وآخرون ، 1998)

وظائف العنصر :

1- يدخل في تركيب الأحماض الأمينية ومن ثم البروتين وهو عصب البروتوبلازم المكون الأساسي للخلية.

2- يدخل في تكوين الانزيمات والفيتامينات والأحماض النووية دنا ورنا والكلوروفيل.

3- يزيد من نمو وتطور الأنسجة النباتية.

أعراض نقص النيتروجين على النبات.

يؤدي نقص النيتروجين إلى ضعف نمو النبات وتصبح النباتات صغيرة الحجم متقزمة ، ويحدث إصفرار للأوراق السفلي المسنة نتيجة فقد النيتروجين البروتينى من كلوروبلاست الأوراق وينتشر العرض إلى أن يغطي النبات كله ويتحول إلى اللون البني وتجف الأوراق ويموت النبات .

ويؤدي نقص النيتروجين إلى النضج السريع مما يؤثر على عملية التزهير ومن ثم نقص تراكم المادة الجافة وإنخفاض المحصول ونقص محتوي النبات من البروتين . ونظرا لأن النيتروجين عنصر متحرك Mobil داخل النبات، فإن الأوراق السفلي تعاني من النقص عكس الكالسيوم والحديد والكبريت

وهـــي عناصـــر غـــير متحركة Inmobil ، ولذا تظهر أعراض نقصها على الأوراق العليا ، بينمافي النيتروجين تظهر على الأوراق السفلي .

الملاحظ أن كفاءة إستخدام النيتروجين بنباتات المحاصيل منخفضة .. قد تصـــل إلى 50% من الكمية المضافة إلى الحقل ، حيث أن الزيادة في إضافات الأزوت لا يستفيد منها النبات وقد تتعرض للغسيل مسببة تلوث البيئة .

وعمومـــاً تتوقف كفاءة أصناف المحاصيل في الاستفادة من النيتروجين على ما يلي :

أ- معدل إمتصاص النترات والأمونيا.

ب- مستوي ونشاط إنزيم Nitrate reductase .

ج- حجم مستودع تخزين النترات.

د- قدرة العنصر على التحرك والانتقال إلى التراكيب الثمرية.

وتعتبر جميع تلك العمليات تحت نظام التحكم الوراثي المنفصل.

الفوسفور Phosphorus

يعتـــبر الفوســـفور (P) مـــن العناصر المغذية الكبرى مثل النيتروجين ، وثاني عنصـــر سمادي من حيث الأهمية . وتتباين نسبة الفوسفور في معظم الأراضي مـــن 0.02 إلـــى 0.10% ، وتمتصه النباتات على صورة أيونات $H_2PO_4^-$ أو HPO_4^{2-} والموجـــودة فى محلول التربة بتركيز منخفض يتراوح من 0.003 إلـــى 0.5 مجـــم / لـــتر . وتعتبر الفوسفات الأحاديـــة $H_2PO_4^-$ هي الصورة الأيونية المفضلة للامتصاص مقارنة بالصورة الثنائية HPO_4^{2-} . ويوضح جدول (2 - 2) المستويات الحرجة للفوسفور في الأراضي المصرية .

وعلـــى الـــرغم من وجود الفوسفور في أنسجة النبات بكميات منخفضة (0.1 إلى 0.5 %) أقل في ذلك من النيتروجين والبوتاسيوم إلا أنه يلعب دوراً رئيسياً في العمليات الحيوية المختلفة التي تدور في فلك النبات.

جـــدول (2-2) : المســـتويات الحرجة للفوسفور الصالح لبعض المحاصيل بطريقة ولسن بالجزء في المليون

مجموعات المحاصيل	مستوي الفوسفور الصالح (منخفض)	مستوي الفوسفور الصالح (متوسط)	مستوي الف الصال (مرتف
المحاصـــيل ذات الاحتـــياجات المنخفضـــة وتشمل: محاصـــيل المراعـــي ، الحـــبوب الصغيرة ، فول الصويا والذرة.	4 >	من 5-7	8 >
المحاصـــيل ذات الاحتـــياجات المتوســـطة وتشمل : القطـــن ، البرســـيم الحجـــازي والطماطم.	7 >	من 8-13	14 >
المحاصـــيل ذات الاحتـــياجات المـــرتفعة وتشمل : بنجر السكر ، البطاطس والبصل.	11 >	من 11-20	21 >

(عن : أبو الروس وآخرون،1992)

وظائف الفوسفور :

1- يدخل الفوسفور في تركيب النيوكليوتيدات والأحماض النووية دنا و رنا

2- يعمـــل كمســـاعد للانـــزيمات ويدخـــل في تركيب البروتينات الفوسفورية والفوسفوليبيدات وفوسفات السكر وتركيب الفيتين.

3- يدخل في تكوين مركبات الطاقة مثل الادينوزين أحادي الفوسفات AMP والادينوزين ثنائي الفوسفات ADP والادينوزين ثلاثي الفوسفات ATP.

4- يلعب دوراً هاماً في تخزين وإنتقال الطاقة وإنقسام الخلايا وتكوين البذور ونقل الصفات الوراثية وتضاعف نمو الجذور.

أعراض نقص الفوسفور :

يتحرك الفوسفور بسهولة داخل النبات ، ولذا فإن أعراض نقصه تظهر أولاً على الأوراق المسنة وذلك لانتقاله منها إلى الأوراق الحديثة لسد إحتياجاتها. ويظهر المجموع الخضري بلون أخضر داكن يتحول إلى الأحمر . وقد تتحول الأوراق السفلية إلى اللون الأخضر وتجف ثم تتحول إلى اللون البني المخضر ، وتبدو السيقان رفيعة ويقل حجم المجموع الجذري ويقل النمو .

البوتاسيوم Potassium

يعتبر البوتاسيوم (K) ثالث عنصر ضروري يحتاجه النبات بكمية كبيرة قد تساوي النيتروجين ، ويمتصه النبات على صورة أيون البوتاسيوم K^+ الإحادي . ويوجد البوتاسيوم في الأراضي بكمية كبيرة نسبياً تتراوح بين 0.5 إلى 2.5 % ، وهي نسبة كبيرة إذا ما قورنت بعناصر أخرى مثل الفوسفور الذي يصل تركيزه في الأراضي إلى 0.11 % . ومع هذه النسبة الكبيرة للبوتاسيوم فإن كثير من النباتات تستجيب لإضافات من التسميد البوتاسي ، وسبب ذلك عدم إستطاعة النباتات إمتصاصه نتيجة وجوده في صورة غير ميسرة للنبات. ويوضح جدول (2-3) المستويات الحرجة للبوتاسيوم في التربة.

ويعتبر البوتاسيوم من العناصر سريعة الحركة داخل النبات حيث ينتقل من الأجزاء المسنة إلى النموات الحديثة في الجذور والسيقان ولذلك تظهر أعراض النقص على الأوراق السفلي من النبات . وعموما فإن البوتاسيوم يتراكم

داخل النبات خلال مراحل النمو الأولى ثم ينتقل بعد ذلك إلى داخل أجزاء النبات المختلفة .

جدول (2 – 3) : المستويات الحرجة للبوتاسيوم في التربة بطريقة براي

حالة التربة	تركيز العنصر (مجم/ كجم تربة)
فقيرة جداً	صفر – 60
فقيرة	90 – 61
متوسطة	150 – 91
عالية	250 – 151

(Lorenz and Maynard, 1980 :عن)

وظائف العنصر :

1- يدخـــل البوتاســـيوم في أيض الكربوهيدرات وإنتقاله من مناطق تخليقه إلى الأجزاء المختلفة من النبات وزيادة سمك وقوة السيقان وفي تمثيل النيتروجين وتخليق البروتين.

2- الـــتحكم فـــي تنظيم نشاط مختلف الانزيمات (حوالي 80 إنزيم) والمرتبطة بعملية التمثيل الضوئي وتمثيل البروتين والكربوهيدرات في النبات.

3- يُحسن من معدلات نمو الأنسجة المرستيمية.

4- تنظيم فتح وغلق الثغور والضبط الاسموزي والعلاقات المائية ، ويُزيد من قدرة النباتات على تحمل ظروف الجفاف.

5- يقـــوم البوتاســـيوم بمعادلـــة الأحماض العضوية في العمليات الفسيولوجية والتحكم في درجة حموضة pH الخلية ونفاذية الأغشية ويساعد النبات على تحمل ظروف البرودة القاسية ومقاومة الأمراض.

أعراض نقص البوتاسيوم :

1- إصفرار حواف الأوراق ثم حدوث إحتراق وتتحول إلى اللون البني ويعم الورقة وتموت .

2- بطء النمو وضعف السيقان ويشاهد الرقاد في محاصيل الحبوب.

3- نقص مقاومة النباتات لعديد من الأمراض.

4- تتأثر صفات الجودة في محاصيل الخضر وتذبل الثمار ولا يكتمل نضجها.

5- نقص تكوين الحبوب في محاصيل الحبوب والقرون في المحاصيل البقولية.

الكبريت Sulphur

يعتبر الكبريت (S) من العناصر الكبرى الثانوية التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة نسبياً للنمو الجيد . وتتراوح نسبة الكبريت في القشرة الأرضية بين 0.06 إلى 0.10 % .

ويتراوح المحتوي الكلي من الكبريت في أنسجة النبات بين 0.2 إلى 0.5% كبريت . وتتم عملية معدنة وتيسر الكبريت في صورة صالحة للنبات إذا كانت نسبة الكربون إلى الكبريت في المادة العضوية بالأرض عند أو أقل من 1/200. ويوضح جدول (2 - 4) حدود النقص والكفاية لعنصر الكبريت فى بعض نباتات المحاصيل .

ويمتص النبات الكبريت بواسطة الجذور على صورة كبريتات SO_4^{2-} وبواسطة الأوراق على صورة ثاني أكسيد الكبريت SO_2 .

ويُمتص الكبريت بكميات تقارب الفوسفور ، وتمتصه بعض المحاصيل مثل البرسيم الحجازي والكرنب بكمية كبيرة . وتعتبر محاصيل البرسيم الحجازي والقطن والفول السوداني نباتات كشافة لنقص العنصر.

جدول (2 - 4) : حدود النقص والكفاية لعنصر الكبريت في نباتات المحاصيل .

المحصول	العينة النباتية	النقص (جم/ كجم مادة جافة)	الكفاية
البرسيم الحجازى	قمة النبات النامية عند مرحلة البرعمة (10% تزهير)	2.3-1.5	2.3
الشعير	الأنسجة عند مرحلة البلعمة	1.2	1.4
القمح	الأنسجة عند مرحلة البلعمة	1.2	1.4
فول الصويا	الأوراق الثلاثية العليا، كاملة التكوين قبيل عقد القرون	1.4	2.8-2.2
الدخان	الأوراق	1.8- 1.1	2.6 – 1.5
البرسيم الأحمر	قمة النباتات عند مرحلة البرعمة (10% تزهير)	2.0 (حد حرج)	
الريب	النبات	2.1 (حد حرج)	
الفول السوداني	النبات	2.0 (حد حرج)	

(عن : Authority of the Authority of the Atlantic Provinces Agricultural Services Coordinating Committee , Canada ,1988)

وظائف الكبريت :

1- يدخل في تكوين بعض الأحماض الأمينية الهامة المحتوية على الكبريت مثل السستين والسستئين والمثيونين وهي أحماض أمينية أساسية في تركيب البروتين والفيتامين والبيوتين والجلوتاثيون.

2- يدخل في تركيب زيوت بعض النباتات التابعة للعائلة الصليبية والنرجسية والبقولية مثل فول الصويا والفول السوداني وغيرها.

- يدخل في تركيب بروتين الكلوروبلاست الذي يحتوى على الكلوروفيل.
- يدخل في تركيب بعض الفيتامينات وفي تخليق Co enzym A المسئول عن أكسدة وتخليق الأحماض الدهنية.

أعراض نقص الكبريت :

تتشـــابه أعـــراض نقص الكبريت مع أعراض نقص النيتروجين ولكن يخـــتلف عـــنه ، فى أنه عنصر غير متحرك Inmobil ، حيث تظهر أعراض نقـــص الكبريـــت علـــى الأوراق الحديثة أولاً ، في حين تظهر أعراض نقص النيتروجين على الأوراق المسنة لأنه عنصر متحرك في النبات.

وعموما ، يؤدي نقص الكبريت إلى تأخر نمو النبات وإصفرار الأوراق ويـــبدو لونها فاتح وتكون غضه ولا تجف بتقدم العمر ، ومن ثم يتأخر النضج ، كمـــا تضعف وتتقزم النباتات . وتعتبر نباتات البرسيم الحجازي والقطن والفول السوداني نباتات كشافة لنقص العنصر.

الكالسيوم Calcium

يعتـــبر الكالسيوم (Ca) من العناصر الثانوية ، وتحتاجه جميع النباتات بكميات متوسطة ، ويمتص على الهيئة الأيونية Ca^{2+} . ويبلغ محتوى الأراضـى مـــن الكالسيوم حوالى 3.5 % وهى كمية كافية لتغذية النبات . ويتراوح محتوي الكالســـيوم فـــي النباتات بين 0.2 إلى 1.0% ويوجد بكميات كبيرة في الأوراق ويترسب في جدر الخلايا على هيئة أكسالات ، ويوجد في العصير الخلوي على صورة أيونية.

ويعتـــبر الكالسيوم من العناصر ذات الأهمية الخاصة في محاصيل الفول السوداني والبرسيم الحجازي وبنجر السكر والطماطم والبطاطس.

وظائف العنصر :

1- يدخل الكالسيوم فى تكوين الصفيحة الوسطي التي تعتبر الأساس في الانقسام الميتوسي للخلية وتكوين خلايا جديدة ، وهذا يفسر توقف النمو في البراعم الطرفيه للسيقان والجذور بنقص العنصر.

2- المحافظة على الجدر الخلوية وحماية الكروموسومات.

3- تكوين وزيادة البروتين في الميتوكوندريا الهامة في عملية التنفس الهوائي وإنطلاق الطاقة اللازمة لامتصاص العناصر المختلفة.

4- تنشيط بعض الانزيمات الهامة مثل Phospholipase , Kinase, Adenosine triphosphatase

أعراض نقص الكالسيوم :

يعتبر الكالسيوم عنصر غير متحرك Inmobil داخل النبات ولذا تظهر أعراض النقص على الأوراق صغيرة العمر وأهم أعراض نقصه ما يلي :

1- عدم إنفراج الأوراق الحديثة.

2- تبدو الأوراق الحديثة مشوهة صغيرة ذات لون أخضر داكن غير طبيعي.

3- تجعد والتفاف الأوراق وتبدو الحواف غير منتظمة وتكون الأوراق طرية نظرا لانحلال جدر الخلايا ، ولوحظ في نبات الذرة الشامية تكوّن مادة جيلوتينية على الأوراق الجديدة التي يذهب لونها الأخضر ، مما يجعلها تلتصق ببعضها.

4- وقف نمو البراعم الطرفية ومن ثم توقف النمو تماماً.

5- فشل السيقان والجذور في الاستطالة والنمو.

الماغنسيوم Magnesium

تتبايــن كمــية الماغنسيوم (Mg) في الأرض تبعاً لنوع معدن الطين وكميته في المحلول الأرضي ودرجة حموضة التربة . وتتراوح نسبة الماغنسيوم بيــن 0.05% في الأراضي الرملية إلى 0.5 % في الأراضي الطينية . وتعتبر الصــورة الذائــبة والقابلة للتبادل ذات صلاحية عالية للنبات . وتكون الأراضي فقــيرة في محتواها من الماغنسيوم إذا قلت كمية الماغنسيوم المتبادل عن 3-4 مجــم / 100 جم تربة . ويمتص الماغنسيوم على صورة أيون ثنائي Mg^{2+} ، وتتراوح كمية الماغنسيوم الذائب في المحلول الأرضي من 0.2-150 ملليمول . ويوضح جدول (2-5) الحدود الحرجة للماغنسيوم في التربة . ويختلف تركيز الماغنسيوم فى المحاصيل بين 0.1 إلى 0.4 % .

جدول (2 - 5) : الحدود الحرجة للماغنسيوم في التربة
بطريقة Mehlich

حالة الأرض	تركيز الماغنسيوم (مجم/ كجم تربة)
فقيرة جداً	صفر - 17
فقيرة	18 - 25
متوسطة	26 - 59
عالية	60 - 126

(عن: Lorenz and Maynard, 1980)

وظائف العنصر :

1- يعتــبر الماغنســيوم عنصر متحرك Mobil وهو العنصر المعدني الوحيد الــذي يحتل مركز جزئ الكلوروفيل حيث يمثل حوالي 15 إلى 20% من محتوي الماغنسيوم الكلي في النبات (شكل 2-1) والذي يمتــص الطاقــة

شكل (2 - 1) : نموذج لجزئ الكلوروفيل

الضوئية ويحولها إلى طاقة كيماوية من خلال عملية التمثيل الضوئي. ويعمل علـــى تهيـــيج جزئ الكلوروفيل وتخرج اليكترونات تحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيماوية.

2- يدخل في تنشيط عديد من الانزيمات الخاصة بأيض الكربوهيدرات وتمثيل الأحماض النووية وحركة الفوسفات والسكريات داخل النبات.

3- تحـــتوي الـــبذور على كمية من الماغنسيوم يعطيها اللون الأخضر بمجرد تعرضها للضوء.

4- يساعد في تكوين الزيت حيث تزيد كمية الزيت في فول الصويا عند التسميد بالماغنسيوم.

5- يســـهم فـــي زيـــادة الضبط الاسموزي من خلال المحافظة على مستويات النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والماغنسيوم عالية بأنسجة الأوراق ، مما

يساعد في التغلب على ظروف الإجهاد المائي وهو ما قرر في الفول السوداني وغيره من المحاصيل.

6 – يلعب دوراً هاماً فى تثبيت العقد الجذرية للنيتروجين الجوى .

أعراض نقص الماغنسيوم على النبات :

تبدو أعراض نقص الماغنسيوم مشابهة لأعراض نقص الحديد ، وتظهر على الأوراق المسنة أولاً في صورة إصفرار متداخل مع اللون الأخضر على هيئة شريط ، ثم تجف أنسجة الورقة وتموت ، ويكون لون العروق أخضر وما بين العروق أصفر . كما يؤدي نقص الماغنسيوم إلى ضعف الفروع والنضج المبتسر للأوراق وسهولة الإصابة بالأمراض الفطرية.

ثانياً : العناصر الصغرى
Microelements

تعتبر العناصر الصغرى ، أساسية ولازمة فسيولوجياً لنمو النبات مماثلة في أهميتها في تغذية النبات للعناصر الكبرى . وتوجد هذه العناصر في النبات والتربة بكميات صغيرة جداً . وتعاني النباتات النامية في أراضي تتميز بالنقص الشديد في محتوي العناصر الصغرى من نقص في نمو النبات والمحصول مشابة للمغذيات الكبرى ، إلا أن أعراض النقص تكون أكثر وضوحاً فى حالة المغذيات الكبرى .

وتحتاج النباتات إلى العناصر الصغرى بكميات قليلة جداً قد تصل إلى جرامات للفدان وقد يقال عنها عناصر نادرة نظراً لندرة وجودها في الطبيعة، وتشمل عناصر الزنك ، والحديد والمنجنيز والنحاس والبورون والموليبدنم والكلورين والكوبلت والصوديوم والسيليكون.

فـــي أوائل هذا القرن ، لم يكن هناك تفكير في التسميد بالعناصر المغذية الصـــغرى غـــير أنه في الأونة الأخيرة زادت التقارير البحثية التي تكشف عن نقصها في مناطق مختلفة من العالم ويرجع أسباب ذلك إلى ما يلي :

1- إستهلاك المحاصيل دون إضافة مرتبة لهذه العناصر.

2- زيادة إستهلاك هذه العناصر من التربة بزراعة أصناف عالية الإنتاجية.

3- إستعمال أسمدة نقية من العناصر الكبرى ، الأمر الذي أدي إلى زيادة الكمية المستنزفة من العناصر الصغرى من الأرض.

4- إرتفاع رقم حموضة pH الأراضي المصرية.

5- عـــدم تعويض التربة عما فقدته من عناصر غذائية لاسيما بعد حجز كميات طمـــي النيل أمام السد العالي ، بالإضافة إلى إرتفاع منسوب الماء الأرضي في بعض مناطق الجمهورية.

6- تطور وسائل وتقنيات الكشف عن هذه العناصر وتقدير محتواها في التربة وتقدير إحتياج النبات منها بكل دقة.

وعموماً ، تشترك العناصر الصغرى في خاصية واحدة وهى أن وجودها بكمـــيات صـــغيرة ضـــروري جداً لحياة النبات ، غير أنها تصبح سامة جداً إذا توفـــرت بكمـــيات كبيرة ، ولهذا فإن نطاق التركيز المطلوب من هذه العناصر للنـــبات ضيق جداً. فمثلا الموليبدنم يمكن إضافته بمعدل ½ إلى 1 أوقية ليصبح نافعـــاً ولكن إضافته بمعدل 3-4 رطل يسبب سمية لأغلب أنواع النباتات فضلا عن تلوث البيئة ، مما يؤثر على صحة الإنسان والحيوان.

الزنك Zink

يمـــتص الـــزنك علـــى هيـــئة كاتيون(Zn^{++})وأيضا على هيئة مخلبات عضوية. وفى الأراضى القلوية يتم إمتصاصه فى صورة كاتيون $(Zn\ OH)^+$.

وتعتبر الصورة الذائبة والمتداولة ذات صلاحية عالية للنبات ويبلغ محتوي الزنك في اليابسة حوالي 80 جزء فى المليون .

وتختلف الأراضي في المحتوي الكلي من الزنك إذ يتراوح من 10 إلى 300 جزء في المليون بمتوسط 50 جزء في المليون.

ويعتبر الحد الحرج الذى تظهر عنده أعراض نقص الزنك في معظم الأراضي على كثير من المحاصيل ، أقل من 0.6 جزء في المليون (DTPA- Zn) .

ويتراوح تركيز الزنك داخل النباتات من 25 إلى 150 جزء في المليون، ويتراوح الحد الحرج لنقص الزنك فى أوراق الأنواع النباتية بين 15 – 20 جزء فى المليون . وتجدر الإشارة إلى أن امتصاص الزنك وتركيزه في أجزاء النبات والبذور يكون منخفض في الأصناف الحساسة عديمة الكفاءة Inefficient مقارنة بالأصناف المتحملة أو ذات الكفاءة Efficient . ويوضح جدول (2 – 6) درجة حساسية المحاصيل المختلفة لنقص الزنك .

جدول (2-6) : حساسية محاصيل الحقل لنقص الزنك

محاصيل عالية الحساسية	محاصيل متوسطة التحمل	محاصيل متحملة
الذرة الشامية ، الذرة السكرية، الأرز ، الكتان ، الخروع، الفاصوليا ، البصل، الموالح ، أشجار الفاكهة المتساقطة ، البيكان والعنب .	القطن ، البرسيم الحجازي ، البرسيم المصرى ، بنجر السكر ، الذرة الرفيعة ، القمح، الشعير ، الشوفان ، فول الصويا ، حشيشة السودان، البطاطس والطماطم.	البرسيم الحجازي ، الشعير، القمح ، الأعشاب النجيلية، الراي ، الدخن ، الشوفان، القرطم ، البسلة ، الأسبرجس والجزر .

بعض المحاصيل وضعت تحت إثنين من الفئات نظراً للتباين فى ظروف التربة ، النمو وإختلاف إستجابة أصناف المحصول تحت الدراسة (عن : Havlin *et al.*, 1999) .

وظائف الزنك في النبات

1- يرتبط الزنك كأي عنصر صغير بنشاط كثير من الانزيمات منها ،

Carbonic anhydrase , Fractose 1.6-bisphosphatase والـذي يشجع على تحلل حمض الكربونيك إلى ثاني أكسيد الكربون والماء .

2- يعمل كمنشط لإنزيمات DNA-polymerase, Aldolases, Allxaline phosphatase , Dehydrogenase, Alcohol dehydrogenase , Lactic acid dehydrogenase, Isomerase, Transphosphorylase

3- يلعـب دوراً هامـاً فـي تخليـق الحمـض الاميني تربتوفان والبروتينات والأحماض النووية والكربوهيدرات .

4- له دور فى المحافظة على سلامة الأغشية الحيوية النباتية .

أعراض نقص عنصر الزنك

يعتـبر الزنك عنصر غير متحرك في النبات ولذا تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة في صورة :

- إصفرار بين العروق مع ظهور بقع كبيرة على عموم الورقة الثانية أو الثالثة كاملة للنضج ويتأخر النضج .

- تورد القمة بظهور أوراق صغيرة الحجم على قمة الساق.

- نقـص شـديد في معدل نمو الأجزاء النباتية فوق سطح التربة وتقزم النبات وصغر حجم الثمار ونقص المحصول.

- ذبـول قمـم الأوراق وتحولها إلى اللون البرونزى ثم موت الأنسجة المتأثرة يتبعه موت النبات.

الحديد Iron

يعتبر الحديد (Fe) من العناصر الضرورية الصغرى ومن العناصر الكبرى جيوكيميائياً لوجوده بكمية كبيرة ضمن مكونات القشرة الأرضية ، ويدخل في تركيب كثير من المعادن المكونة للقشرة الأرضية . ويوجد الحديد فى الأراضى بنسبة 5% على أساس الوزن وتصل النسبة في الأراضي الغنية بالعنصر إلى 10% وتقل إلى 1% أو أقل في الأراضي الرملية أو التي تتعرض لعملية الغسيل بواسطة الأمطار.

وتعتبر كمية الحديد الميسر بالأراضي الزراعية قليلة جداً وتمتصه الجذور على الصورة المعدنية Fe^{2+} و Fe^{3+} أو على صورة عضوية ذائبة . ويعتبر المستوي الحرج من الحديد في التربة من 2.5-5.0 جزء في المليون.

ويتراوح تركيز الحديد في النباتات المختلفة من 50 إلى 100 جزء في المليون ، وإذا قل تركيزه بأنسجة النبات عن 50 جزء في المليون فيقال أن النبات واقعاً تحت إجهاد نقص الحديد . ويوضح جدول (2 - 7) الحدود الحرجة من الحديد في بعض نباتات المحاصيل .

جدول (2-7) : الحدود الحرجة للحديد في بعض النباتات .

المحصول	الجزء المأخوذ للتحليل	تركيز الحديد (جزء في المليون)	
		حدود النقص	الحدود الطبيعية
الذرة الشامية	الأوراق حديثة النضج	56-24	178-56
الأرز	الأوراق	63 >	80 <
فول الصويا	السيقان (عمر 34 يوم)	38-28	60-44
زهرة الشمس	الأوراق حديثة النضج	80	113
البرسيم الحجازي	طول 15 سم من القمة	30 >	400-30
القطن	الأوراق حديثة النضج	50 >	350-50

(عن : الـ FAO, 1983)

وظائف الحديد :

1- يلعب دوراً أساسياً في نظام العديد من الانزيمات التي تدخل في عملية التنفس مثل Cytochrome oxidase , Catalase , Peroxidase.

2- يعمل كمفتاح في تفاعلات الأيض المختلفة بالخلية مثل تثبيت النيتروجين والتمثيل الضوئي وإنتقال الالكترون وتخليق الهرمونات وتمثيل الأحماض النووية والكلوروبلاست.

3- يعمل على المحافظة على الكلوروفيل ، حيث يؤدي نقصه إلى شحوب وإصفرار الأوراق.

4- يدخل في تخليق الـ Heme-proteins وهى عبارة عن سيتوكرومات تحتوى على الحديد فى صورة معقد مع البورفيرين ، وهى مواد تدخل في تفاعلات الأكسدة والاختزال في التنفس والتمثيل الضوئي.

حساسية المحاصيل لنقص الحديد

تختلف نباتات المحاصيل في درجة حساسيتها لنقص الحديد في التربة كما هو موضح في جدول (2 – 8)

جدول (2 – 8) : حساسية المحاصيل لنقص الحديد فى التربة

محاصيل حساسة	محاصيل متوسطة التحمل	محاصيل متحملة
الكتان ، الذرة الشامية ، سورجم العلف ، سورجم الحبوب ، الفول السوداني، فول الصويا ، حشيشة السودان ، محاصيل الخضر والموالح .	البرسيم الحجازي ، الشعير ، الذرة الشامية ، القطن ، الكتان ، بقوليات العلف ، الشوفان ، سورجم الحبوب، الأعشاب النجيلية ، حشيشة الأوركارد، الأرز ، فول الصويا ، القمح ، الفاصوليا والبسلة .	البرسيم الحجازي ، الشعير، الذ الشامية ، القطن ، الكـ الأعشاب النجيلية ، الدخن الشوفان ، البطاطس، الأر فول الصويا ، بنجر السكر محاصيل الخضر والقمح.

بعض المحاصيل وضعت تحت إثنين أو ثلاث من الفئات نظرا للتباين في ظروف التربة ، النمو ، وإختلاف إستجابة أصناف المحصول تحت الدراسة (عن : Havlin *et al.* , 1999) .

أعراض نقص الحديد

- وجـد تأثـير تضاد Antagonistic بين الفوسفور والحديد، فزيادة الفوسفور الذائب في التربة يقلل من إمتصاص الحديد . وقد وجد نفس التأثير بين الفوسفور والزنك ، الأمر الذي يؤدي إلى ظهور أعراض نقص الحديد.

- يعتـبر ظهـور الإصفرار Chlorosis هو العرض الرئيسي لإجهاد نقص الحديد ونظراً لأنه عنصر غير متحرك بالنبات ، فإن أعراض نقصه تظهر علـى الأوراق حديـثة النمو ويبدأ الأصفرار بظهور لون أخضر باهت ثم يتبعه ظهـور اللـون الأصـفر وفـي مناطق متداخلة على الورقة ، مع بقاء العروق خضراء .

- ومع شدة النقص يتحول اللون الأصفر إلى اللون الأبيض مع إنعكاس أشعة الشمس على الورقة وتموت تماما.

المنجنيز Manganese

يعتبر المنجنيز (Mn) أحد المحددات الكبرى لزراعة الأراضي القلوية في كثير من مناطق العالم وكذا في استراليا لاسيما زراعة قمح الخبز الذي يعتبر أقـل تحملاً للمستويات المنخفضة من المنجنيز . ويحتل المنجنيز المركز الثاني بعد الحديد من حيث كميته في مكونات القشرة الأرضية.

ويعتبر المنجنيز من العناصر متعددة التكافؤ ، حيث يكون ثنائياً ورباعياً وسداسـياً أوسـباعياً . وتعتـبر الصـورة الثنائية Mn^{2+} هي الصورة الميسرة للامتصاص بواسطة النبات وقد يوجد مرافقاً للمادة العضوية بالتربة.

ويـبلغ تركـيز المنجنـيز في القشرة الأرضية حوالي 1000 جزء في المليون . ويبلغ متوسط تركيز المنجنيز الكلى في الأراضى من 20-6000 جزء بمتوسط 600 جزء في المليون. في حين يبلغ التركيز العادي للمنجنيز بالنباتات

من 20 إلى 500 جزء في المليون في المادة الجافة .. وعند إنخفاض تركيزه بالنبات عن 15 إلى 20 جزء في المليون تظهر أعراض نقصه على النباتات. ويوضح جدول (2 – 9) الحدود الحرجة للمنجنيز فى نباتات المحاصيل .

جدول (2 – 9) : الحدود الحرجة لتركيز المنجنيز في بعض المحاصيل

النبات	الجزء النباتي	ظروف النمو	تركيز المنجنيز بالجزء في المليون		
			حدود النقص	حدود الكفاية	حدود الس
القمح	القمة النامية	محلول مغذى	–	621-181	61-395
الشعير	القمة النباتية	ظروف حقلية	–	76 -14	–
الأرز	القمة النامية	محلول مغذى	20 >	–	500 <
الشوفان	القمة النامية	أرض حمضية	–	370 -301	–
الذرة الشامية	أوراق الكيزان	ظروف حقلية	–	84 - 19	–
فول الصويا	القمة النامية	ظروف حقلية	15 >	35	–
القطن	القمة النامية	ظروف حقلية	–	216 - 27	0 -1130
بنجر السكر	الأوراق	ظروف حقلية	30 -5	1700 -7	0 -1250
البرسيم الحجازى	القمة النباتية	ظروف حقلية	–	240 -62	70 -651

(عن : الـ FAO, 1983)

وظائف المنجنيز في النبات :

1– يدخل في تنشيط إنزيمات Dehydrogenase , Carboxylase وضروري لانزيمات Peroxidases , Oxidases, Arginase , phosphotransferase ، وإنزيمى Manganese-protein in PS II , Manganese superoxide dismutase ، ذات الأهمية فى عملية التمثيل

الضوئى وسلامة أغشية الثيلاكويد . ومن ثم تنشيط العمليات الحيوية بالنبات وزيادة الإنتاج وتحسين جودته .

2- للمنجنيز علاقة بتكوين الكلوروفيل ، فيدخل حوالي 10% من المنجنيز في تكوين جزئ الكلوروفيل ، ولذا تتأثر البلاستيدات الخضراء بنقص المنجنيز.

3- يلعب دوراً هاماً في تمثيل النيتروجين وبناء البروتين والليبيدات والكربوهيدرات داخل النبات .

4- يعتبر ضروري لانشطار جزئ الماء أثناء عملية التمثيل الضوئي وتفاعلات الضوء .

حساسية المحاصيل لنقص المنجنيز

تتباين نباتات المحاصيل في درجة حساسيتها لنقص المنجنيز الميسر بالتربة كما يوضحه جدول (2 – 10)

جدول (2 – 10): حساسية المحاصيل للمستويات المنخفضة من المنجنيز الميسر في التربة

محاصيل حساسة	محاصيل متوسطة التحمل	محاصيل متحملة
البرسيم الحجازي ، الشوفان، فول الصويا ، بنجر السكر ، القمح ، الموالح ، أشجار الفاكهة ، البصل والبطاطس.	الشعير ، الذرة الشامية ، القطن ، الفاصوليا ، الشوفان، الأرز ، الراي ، فول الصويا، القمح ، البطاطس ، محاصيل الخضر وأشجار الفاكهة .	الشعير ، الذرة الشامية ، القطن ، الفاصوليا ، الأرز ، الراى ، فول الصويا ، القمح، محاصيل الخضر ، أشجار الفاكهة .

بعض المحاصيل وضعت تحت إثنين أو ثلاث من الفئات، نظراً للتباين في ظروف التربة ، النمو ، وإختلاف إستجابة أصناف المحصول تحت الدراسة(عن : **Havlin *et al.* , 1999**) .

أعراض نقص المنجنيز على النبات

لمـــا كان المنجنيز من العناصر غير المتحركة بالنبات ، لذا تبدأ ظهور أعراض النقص أولا على الأوراق حديثة النمو في صورة إصفرار بين العروق، ثـــم تتمـــيز بعد ذلك بظهور بقع بنية لأنسجة ميتة منتشرة على الورقة مع بقاء عروق الورقة خضراء داكنة فى شكل لوحة الشطرنج . وتظهر مناطق ذات لون رمـــادي عند قاعدة الأوراق الصغيرة ثم تتحول إلى اللون المصفر ثم البرتقالي المصفر.

كما تظهر أعراض المنجنيز المنتشرة على محاصيل الحبوب فى صورة بقـــع ذات لـــون رمـــادى مخضر على الأوراق ، وعلى قصب السكر فى شكل تخطيط .

النحاس Copper

يمـــتص النـــبات عنصر النحاس (Cu) على الصورة الأيونية المتبادلة وهي النحاسيك Cu^{2+} أو في الصورة $CuOH^{+}$

ويبلغ تركيز النحاس في القشرة الأرضية من 55-70 جزء في المليون. وتحتوي الصخور النارية على 10 إلى 100 جزء في المليون ، في حين تحتوي الصـــخور الرسوبية على 4 إلى 45 جزء في المليون نحاس . وتظهر أعراض نقـــص النحاس في الأراضي ذات المحتوي المنخفض بمستوى " 1 أو 2 " جزء في المليون نحاس.

وفـــي مصـــر ، يـــتراوح محتوي العنصر في الأراضي الرسوبية من 20- 62 جـــزء فـــي المليون ، وفي الأراضي الجيرية من 10- 50 جزء في المليون ، بيـــنما فـــي الأراضـــي الرملـــية مـــن 6 – 18 جزء في المليون (عن : أبو الروس وآخرون 1992) .

ويـــتراوح تركيز النحاس الطبيعي في النباتات المختلفة من 5–20 جزء فـــي الملـــيون ، وبانخفاض التركيز داخل النبات عن 4 جزء في المليون يُتوقع ظهـــور أعـــراض نقـــص النحاس ، أما زيادة تركيزه عن 20 جزء في المليون فيؤدي إلى ظهور أعراض السمية على النبات (جدول 2 –11) .

جـــدول (2 –11) : الحـــدود الحرجة لتركيز النحاس في بعض نباتات المحاصيل

المحصول	الجزء المأخوذ للتحليل (العينة)	تركيز النحاس بالجزء في المليون		
		حد النقص	حد الكفاية	حد السمية
البرسيم الحجازي	قمة النبات (15سم)	10 >	30–10	30 <
الذرة الشامية	ورق الكوز	5 >	30–5	30 <
القطن	الأوراق الناضجة حديثا	8 >	20–8	20 <
فول الصويا	الأوراق الناضجة حديثا	10	30–10	30 <
الشعير	الحبوب	–	12–6	–
الشوفان	أوراق (عمر 6–9 إسبوع)	3 >	12–7	–
القمح	السيقان	8	18–9	–
التفاح	الأوراق العلوية	4–1	12–3	–
البرتقال	الأوراق (عمر 4–6 أسبوع)	6–4	16–6	22–17
العنب	الأوراق الصغيرة	5–2	10–8	–

(عن : الـ FAO, 1983)

وظائف النحاس في النبات :

1- يعتـــبر الـــنحاس منشـــطاً لكثـــير من إنزيمات الأكسدة والاختزال وهو من العناصر الضرورية اللازمة للعديد من البروتينات والكربوهيدرات.

2- يعتبر النحاس مكملاً لنشاط إنزيم Cytochrome oxidase والانزيم المحفز على أكسدة حمض الاسكوربيك Ascorbic acid oxidase وبعـــض الانـــزيمات الأخـــرى الهامة مثل Tyrosinase , Phenolase , Lactase , Urease.

3- مهـم في تخليق الكلوروفيل ويشجع على تكوين فيتامين أ في النبات ويُزيد من مقاومة النبات للأمراض الفطرية.

4- مهم فى تكوين حبوب اللقاح وعملية الإخصاب .

حساسية المحاصيل لنقص النحاس في التربة :

تختلف نباتات المحاصيل في درجة حساسيتها لنقص النحاس في التربة على النحو التالي (جدول 2 – 12) :

جدول (2 – 12) : حساسية المحاصيل للمستويات المنخفضة من النحاس الميسر

محاصيل عالية الحساسية	محاصيل متوسطة الحساسية	محاصيل منخفضة الحساسية
القمح ، الكتان ، حشيشة الكناري ، الأرز ، البرسيم الحجازي ، حشيشة السودان، بنجر المائدة ، الجزر ، الخس ، السبانخ ، الموالح والبصل .	الشعير ، الشوفان ، بنجر السكر ، الذرة الشامية ، حشيشة التيموثي والبرسيم .	الترتيكال ، الراي ، الكانولا ، الأرز ، فول الصويا ، محاصيل العلف النجيلية ، الريب ، الترمس ، الفول البلدي ، البطاطس ، البسلة والفاصوليا .

(عن : Havlin *et al.*, 1999).

أعراض النقص :

يسلك النحاس سلوك كل من العناصر المتحركة وغير المتحركة داخل النبات ، متوقفاً ذلك على مدي توفر العنصر في وسط النمو.

يتحول لون الورقة إلى اللون الأبيض ويصغر حجم الورقة مع قصر المسافات بين العقد ومن ثم تقزم والتفاف النبات وتساقط الأزهار.

جفــاف وموت قمة الأوراق أو أجزاء الورقة في محاصيل الحبوب مثل القمح والشعير والأرز وتلتف الأجزاء الجافة ، كما تبدو السنابل مشوهة.

البورون Boron

يوجــد الــبورون (Bo) في الأرض في عدة صور ، ويعتبر البورون الذائـــب في المحلول الأرضى من أهم الصور الميسرة للنبات . ويوجد البورون فـــي صـــورة حمض البوريك H_3Bo_3 . وتحت ظروف الأراضـي القاعدية ومع إرتفـــاع درجـــة الحموضـــة p^H يتحد حمض البوريك مع الماء ويتكون أنيون الـــبورات المـــتأدرتة $B(OH)^-_4$ التـــي يحدث لها إمتصاص في المواقع موجبة الشحنة أو بالتبادل مع مجموعة OH^- على أسطح الغرويات الأرضية.

ويمــتص النبات الجزء الأكبر من البورون في صورة حمص بوريــك $(H_3\ Bo_3)$ وكميات أقل في صور أخرى مثل , $H_2\ Bo_3^-$, $HBo_3^{\ 2-}$, Bo_3^{3-} . $B_4\ O_7^{2-}$

ويــتراوح تركيز البورون الكلي في الأراضي بين 2 إلى 200 جزء في المليون والمدى الشائع حدوثه من 7 إلى 80 جزء في المليون.

وتعانــي النــباتات ذات المحــتوي من البورون الأقل من 15 جزء في الملــيون من إجهاد نقص البورون ويقل الرقم في النباتات أحادية الفلقة . ويعتبر التركيز من 15-100 جزء في المليون بورون هو الملائم والكافي للنمو الطبيعي للنبات ، في حين أن زيادة التركيز عن 200 جزء في المليون يؤدي إلى ظهور أعــراض السمية. ويوضح جدول (2 -13) الحدود الحرجة لتركيز البورون فى المحاصيل المختلفة .

وظائف البورون في النبات :

1- يلعــب دوراً رئيســياً فـــى إستطالة الجذور وإمتدادها والحفاظ على سلامة الأغشية البلازمية.

جدول (2 – 13): الحدود الحرجة لتركيز البورون في المحاصيل المختلفة

المحصول	الجزء النباتي المأخوذ للتحليل	حد النقص	حد الكفاية	حد السمية
A- محاصيل تستجيب لإضافة البورون ، تبدو متحملة للمستويات العالية من البورون				
البرسيم الحجازي	القمة النامية عند مرحلة التزهير المبكر	15 >	40 – 20	200
البرسيم الأحمر	القمة النامية عند مرحلة البرعمة	20 – 12	45 – 21	59 <
بنجر السكر	الأوراق المتوسطة كاملة التكوين	20 >	200 – 31	300 <
B- محاصيل أقل استجابة لإضافة البورون ، تبدو أقل تحملاً للمستويات العالية من البورون				
الذرة الشامية	الجزء النباتي فوق سطح التربة عند مرحلة النمو الخضري وحتى ظهور النورة المؤنثة	9 >	90 – 15	100 <
الشوفان	الأنسجة في مرحلة البلعمة	5.6 – 3.5	24 – 14	50 <
فول الصويا	الأوراق الثلاثية الناضجة عند مرحلة التزهير	10 – 9	—	63
الشعير	الأنسجة عند مرحلة البلعمة	8.6 – 7.1	21	46 <
القمح	الأنسجة عند مرحلة البلعمة	5 – 2.1	8	16 <

(عن: Gupta, 1993)

2- يــزيد من مسامية الجذور ، وبالتالي يزيد من إنتقال الكربوهيدرات ، وعلى ذلك يعتبر التراكم العالي للنشا والسكر في النبات مدلولا على عدم كفاية محتوي البورون بالنبات.

3- يدخل في تمثيل الكربوهيدرات واللجنين.

4- مهم في تخليق البروتين والأحماض النووية دنا و رنا وتخليق الفينولات.

5- ينظم النسبة بين الكالسيوم والبوتاسيوم في النبات.

6- مهم في تميز الخلايا وتطور الخلايا الجديدة في الأنسجة المرستيمية

7- يساعد في إتمام نجاح عملية التلقيح وعقد البذور والثمار.

8- إنتاج وإنتقال الطاقة والسكريات والنشا والنيتروجين والفوسفور .

9- تكوين العقد الجذرية فى محاصيل البقول .

حساسية المحاصيل لنقص البورون

تختلف قدرة المحاصيل المختلفة على تحمل نقص البورون في الأرض. وأمكن تصنيف المحاصيل المختلفة تبعاً لقدرتها على تحمل التركيزات المنخفضة من البورون في الأرض إلى ثلاث مجموعات كما في جدول(2–14).

جدول (2–14) : حساسية بعض المحاصيل لنقص البورون في الأرض

محاصيل منخفضة الحساسية	محاصيل متوسطة الحساسية	محاصيل عالية الحساسية
الفول البلدى ، الشعير ، الذرة الشامية ، الشوفان ، فول الصويا، الذرة الرفيعة ، الأرز ، القمح ، الراي ، حشيشة السودان، الخيار ، الأعشاب النجيلية ، الشوفان، الذرة السكرية ، البسلة ، البطاطس والموالح .	القطن ، البرسيم ، الكرنب ، الجزر ، الخس ، الفجل ، السبانخ ، الخوخ ، الكمثري ، والعنب والطماطم .	البرسيم الحجازي ، الكانولا ، الفول السوداني ، بنجر السكر، بنجر المائدة ، اللفت، القنبيط، الكرفس ، التفاح والورد .

(عن : Havlin et al., 1999)

أعراض نقص البورون على النبات

يعتبر البورون عنصر غير متحرك Inmobil وتظهر أعراض نقصه في صورة توقف نمو البراعم الطرفية ثم جفاف وموت الأوراق صغيرة العمر.

- تتلون الأوراق الحديثة بلون أخضر مزرق داكن مع زيادة سمكها وعدم إنتظامها .
- يسبب نقص البورون ، ظهور عدد من الأمراض الفسيولوجية مثل تعفن القلب في بنجر السكر والتفاف الأوراق في البطاطس وتكون منطقة فللينيه في التفاح ، وعدم انتظام سمك القشرة في الموالح.

- عدم تكوين الإزهار والسنابل وتأخر النضج.
- يتأثر نمو وتطور الجذور وتبدو سميكة غير منتظمة .

الموليبدنم Molybdenum

تحتوي التربة على كميات قليلة من الموليبدنم (Mo) ويمتصه النبات في صورة أنيون الموليبدات $Mo\ O_4^{2-}$. ويتراوح محتوي الموليبدنم الكلي في الأراضي الزراعية من 0.2 إلى 5 جزء في المليون بمتوسط عام 2.0 جزء في المليون.

ويتراوح تركيزه في النباتات المختلفة من 0.1 – 2 جزء في المليون. وتستجيب النباتات للرش بالعنصر إذا كان تركيزه داخل النبات أقل من 0.2 جزء في المليون وهي حدود النقص داخل النبات . ويسبب زيادة تركيزه في محاصيل العلف عن 15 جزء في المليون ، مشاكل صحية للحيوانات وظهور مرض الموليبدنوزس أو Treat.

وظائف الموليبدنم في النبات

1- يلعب الموليبدنم دوراً هاماً في تمثيل النيتروجين في النبات ، فيدخل على الأقل في تكوين خمسة إنزيمات والتي تنشط مختلف التفاعلات الخاصة بتمثيل النيتروجين وهي Nitrate reductase , Nitrogenase, Xanthine oxidase /dehydrogenase , Aldehyde oxidase , Sulfite oxidase .

2- يعتبر الموليبدنم عامل مساعد في تثبيت النيتروجين N2 إلى أمونيا NH_3 فهو مهم للمحاصيل البقولية و البكتريا المثبتة للآزوت.

3- يلعب دور في تكوين حمض الأسكوربيك.

حساسية النباتات لنقص الموليبدنم في الأرض :

تختلف نباتات المحاصيل في درجة حساسيتها لنقص هذا العنصر في الأرض ، فتعتبر نباتات العائلة الصليبية والبقولية من أكثر النباتات إحتياجاً للموليبدنم حيث تتأثر بنقص الموليبدنم في التربة ، بينما محاصيل الحبوب تنمو نمواً طبيعياً تحت ظروف نقص العنصر . ويبين جدول (2 –15) مدي إختلاف المحاصيل في درجة الحساسية لنقص الموليبدنم في الأرض .

جدول (2– 15) : حساسية بعض المحاصيل لنقص الموليبدنم

درجة الحساسية	المحصول
محاصيل منخفضة الحساسية	الشعير ، الفول البلدى ، الذرة الشامية ، القطن ، الكتان ، الشوفان ، البطاطس ، الذرة الرفيعة ، الأرز ، القمح ، الراى ،بنجر السكر، الجزر ، الكرفس ، التفاح ، الخوخ والعنب.
محاصيل متوسطة الحساسية	القطن ، البرسيم الحجازي ، الشوفان ، فول الصويا ، الكرنب، الخس ، الفجل ، بنجر المائدة ، الطماطم ، اللفت ، الموالح والسبانخ.
محاصيل عالية الحساسية	البرسيم ، البرسيم الحجازي ، البقوليات ، الريب والقنبيط .

(عن : Havlin *et al.* , 1999) .

أعراض نقص الموليبدنم على النبات :

لما كان الموليبدنم يدخل في تمثيل النيتروجين داخل النبات ، لذا تبدو أعراض نقصه مشابهة للنيتروجين ، حيث تتلون الأوراق السفلى باللون الأخضر المصفر ، أما السيقان وأعناق الأوراق فتصبح حمراء بنية ويصغر حجم العقد البكتيرية ويصبح لونها رمادى . وعلى العكس من أعراض نقص النيتروجين ، تظهر بقع سوداء على نصل الأوراق نتيجة تراكم النترات . وأهم أعراض نقص

الموليبدنم توقف النمو الطبيعي للنبات ويشحب لون الأوراق ثم تذبل . ويسبب نقص العنصر مرض البقع الصفراء في الموالح ومرض الذيل السوطي في العائلة الصليبية والتي تبدو على نبات القنبيط في صورة التواء الأوراق في إتجاه عكس عقارب الساعة ونمو غير طبيعي لعروق الأوراق ، ويفشل النبات في تكوين رؤوس القنبيط.

الكلورين Chlorine

يمتصه النبات على صورة أيون الكلورين (Cl^-) ، ويتراوح تركيز الكلورين في القشرة الأرضية من 0.02 إلى 0.05%. وتتراوح كمية الكلورين الذائبة في الماء من 100 –1000 كجم / هكتار ويحدث تراكم للعنصر في الأراضي المتأثرة بمياه البحار . ويعتبر محتوي الأرض الأقل من 2 جزء في المليون إجهاد نقص للعنصر على النباتات النامية ويحتاجه النبات بتركيز منخفض جداً يصل إلى 0.05 جزء في المليون.

ويزيد تركيز الكلورين فى النباتات عدة مرات عن معظم العناصر الأخرى ويتراوح بين 0.2 – 2 % من المادة الجافة . وتعانى نباتات المحاصيل الحساسة التي تحتوي أنسجتها على تركيز أقل من 100 جزء في المليون من نقص العنصر وإنخفاض المحصول والجودة ويزداد تأثير نقص الكلورين على المحصول والجودة ،عندما يصل تركيزه حوالي 4% في النباتات المتحملة. ويعتبر الكلورين من العناصر غير المتحركة نسبياً داخل النبات.

وظائف العنصر :

1- يعتبر عامل أساسى لإتمام عملية الأكسدة الضوئية للماء أثناء عملية التمثيل الضوئي وإنطلاق الأكسجين.

2- عامل مساعد في إختزال بعض المركبات الغنية بالطاقة وإنتاج بعض المركبات أثناء عملية التمثيل الضوئي.

3- يلعب دوراً في الضبط الاسموزي للخلايا ويزيد من تأدرت الأنسجة النباتية.

4- قد يلعب دوراً فى عملية تنظيم فتح وغلق الثغور فى أوراق النبات .

حساسية المحاصيل لنقص الكلورين :

تتباين المحاصيل في درجة حساسيتها لنقص الكلورين الميسر كما يوضحه جدول (2 – 16) .

جدول (2 – 16) : حساسية المحاصيل للمستويات المنخفضة من الكلورين الميسر

محاصيل عالية الحساسية	محاصيل متوسطة الحساسية	محاصيل منخفضة الحساسية
البقوليات ، الدخان الخس ، الأفوكادو والخوخ	القمح ، الشوفان ، فول الصويا ، القطن والبطاطس .	بنجر السكر ، الشعير الذرة الشامية ، الطماطم والسبانخ

(عن: Havlin *et al.* , 1999)

أعراض نقص الكلورين على النبات

تتمثل أعراض نقص العنصر في إنخفاض مساحة الأوراق وظهور إصفرار وذبول الأوراق الحديثة ونقص في نمو المجموع الجذري

وتحت الظروف الطبيعية ، نادراً ما يظهر على النباتات أعراض نقص الكلورين ، ويرجع ذلك لحدوث التلوث بهذا العنصر من الغلاف المحيط بالنبات.

نماذج لأعراض نقص العناصر الغذائية الكبرى والصغرى على نباتات المحاصيل صفحة 234 ، 235 .

ظروف التربة المؤدية إلى ظهور أعراض نقص العناصر على نباتات المحاصيل

Soil conditions inducing nutrient deficiencies on crop plants

تتباين الظروف المؤدية إلى نقص العناصر الغذائية ، وحدوث إنحرافات فـــى النمو وظهور أعراض النقص على نباتات المحاصيل . حيث يحدث النقص نتيجة عوامل بعضها يعزى إلى التركيب الوراثى وطبيعة إنتشار الجذور أو إلى بيـــئة النبات متمثلاً فى وجود العنصر بكمية غير كافية أو على صورة العنصر ومـــدى ملاءمـــة حموضـــة الوســـط لتيسر العنصر ، وحالة التوازن بينه وبين العناصر الأخرى وعدد مواقع التبادل الأيونى ومدى توفر الماء في بيئة النمو ، الأمر الذى يؤدى إلى عدم قدرة النبات على إمتصاصه وتمثيله .

ويوجـــد عديد من حالات نقص العناصر الغذائية التى تظهر على نباتات المحاصيل منها :

1- النقص المختفى (المستتر) : ويحدث دون أن تظهر أعراض مرئية على النبات ، نتيجة نقص عنصر معين أو أكثر من عنصر فى بيئة النبات .

2- النقص الحقيقى : ويحدث نتيجة إنخفاض محتوى التربة من العنصر، مما يؤثر على العمليات الحيوية والفسيولوجية بالنبات ، ومن ثم تظهر أعراض نقص العنصر واضحة ومميزة على النبات .

3- النقص غير الحقيقى : هو النقص الراجع إلى عدم قدرة النبات على إمتصاص العنصر بسبب عدم تيسره .

ويوضـــح جدول (2 – 17) ظروف التربة المؤدية إلى حدوث نقص العناصر.

جـدول (2 – 17) : ظروف التربة التي تساعد على ظهور أعراض نقص العناصر على نباتات المحاصيل

العنصر	الظروف المؤدية إلى النقص
النيتروجين	الغسيل الزائد بالأمطار الغزيرة ، محتوي التربة المنخفض من المادة العضوية ، وحرق متبقيات المحاصيل.
الفوسفور	الأراضي الحامضية ، العضوية ، الجيرية ، الأراضي التي تعرضت للغسيل ، الأراضي ذات المحتوى المرتفع من الجير.
البوتاسيوم	الأراضي الرملية ، العضوية ، المتأكلة المعرضة للغسيل ، ومع إضافة كميات كبيرة من الجير ونظم التكثيف الزراعي.
الكالسيوم	الأراضي الحامضية والقلوية أو الصودية.
الماغنسيوم	مثل الكالسيوم.
الكبريت	الأراضي ذات المحتوي المنخفض من المادة العضوية ، إستخدام الأسمدة النيتروجينية والفوسفورية غير المحتوية على الكبريت ، وحرق متبقيات المحاصيل.
الحديد	الأراضي الجيرية ، الأراضي العالية في محتوي الفوسفور والمنجنيز والنحاس أو الزنك والأراضي ذات المحتوى العالي من الجير.
الزنك	الأراضي عالية الحموضة المعرضة للغسيل ، الأراضي الجيرية ، الأراضي ذات المستويات العالية من الكالسيوم والماغنسيوم والفوسفور.
المنجنيز	الأراضي الجيرية السلتية والطينية ، الأراضي ذات المحتوي العالي من المادة العضوية والأراضي الجيرية.
البورون	الأراضي الرملية ، الأراضي الحامضية المعرضة طبيعيا للغسيل والأراضي القلوية الخالية من الجير.
الموليبدنم	الأراضي البدزولية والأراضي الجيرية المجففة.

دلائل التعرف على أعراض نقص العناصر

Indicators of mineral deficiency symptoms

تعتمد مقاومة المحاصيل لنقص العناصر الغذائية على الأسس الآتية :

1- أعراض النقص المرئية Visible deficiency symptoms

يؤدي نقص مختلف العناصر الغذائية إلى ظهور أعراض مرئية مميزة. وتتأثر هذه الأعراض بالتركيب الوراثي لنباتات الصنف وتظهر هذه الأعراض عندما يكون تركيز العنصر أقل من حد معين يعرف بالحد الحرج ، وهو الحد الذى إذا قل تركيز العنصر فى النسيج النباتى عنه تظهر أعراض نقصه على النبات ، واصطلح أن يكون من 5 – 10 % من التركيز الأمثل الذى يعطى المحصول الأعظم . وفي بعض الحالات يبدو نقص العنصر دون ظهور أعراض مرئية . وعموماً يستخدم هذا المعيار في معرفة الاختلافات الصنفية في تحمل نقص العناصر الغذائية. ويمكن التغلب على أعراض النقص بإضافة أو إستبدال العنصر.

2- محتوي العنصر في أنسجة النبات Mineral content in plant tissues

يمكن تحديد محتوي العنصر في نسيج النباتات النامية تحت ظروف خصوبة التربة المنخفضة . ويتأثر محتوي العناصر بحالة النمو وعمر النسيج ومختلف العوامل البيئية الأخرى . وعموماً يعتبر هذا المعيار أداة تساعدة في تشخيص إجهاد نقص العناصر . ويعطى التحليل الكيماوي برهان مفيد في برامج إنتخاب النباتات مع الأخذ في الإعتبار مختلف المشاكل المتعلقة بعمر النبات والعينة والعنصر موضع الدراسة.

3- الاختبارات الكيموحيوية Biochemical tests

يعتبر نشاط إنزيمات متخصصة وتراكم مركبات كيموحيوية معينة ، دليل جيد على النقص الشديد في عناصر معينة ويبني ذلك على أساس دور هذا العنصر في نشاط الانزيم أو أن هذا العنصر مكون هام لنشاط الانزيم أو أن هذا العنصر يتحرك في داخل النبات من خلال نشاط الانزيم.

وتعتبر هذه الاختبارات عالية التخصص ومفيدة ودقيقة كمعايير إنتخابية، لاسيما عند مقارنة أعراض نقص العناصر الغذائية . ويمكن بهذه الاختبارات كشف مدي واسع من مستويات النقص قبل ظهور أعراض مرئية على النبات ، ومن ثم إتخاذ الإجراءات المناسبة للتعامل مع مشكلة نقص العنصر.

4- قياسات خصائص الطيف والحرارة لعرش النبات

Spectral and thermal characterization of crop canopy

يعتبر لون عرش النبات المقدر من خلال خصائص إنعكاس الطيف وحرارة المجموع الخضرى ، مدلولا على الحالة الفسيولوجية والكيموحيوية ، فزيادة أو نقص المغذيات الكبرى الضرورية مثل النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وكذلك العناصر الصغرى ذات الأهمية في مسارات التخليق الحيوي للمركبات الهامة في النبات يصاحبها خلل في محتوي الصبغات ومستوى الخضرة والتوزيع الفراغى والهندسي Geometry للمحصول ، حيث يعكس مظهر النبات الحالة الغذائية له.

فعند دراسة خصائص الانعكاس الطيفى وحرارة العرش لمحصول القمح خلال موسم النمو بواسطة جهاز Spectro – radiometer (LICOR –

(AG 0 42) Infrared thermometer (1800, فــي تجــارب طويلة المــدي فـــي منطقة IARI بنيود لهى تحت مستويات مختلفة من النيتروجين ، لاحـــظ **Gupta** وآخـــرون (2003) وجود تباين في مستوي الخضرة من أثر التباين في مستوي نيتروجين التربة . وكانت القيم العالية لمستوي الخضرة تحت ظـــروف التســـميد الجيد (100% NPk + 15 طن / هكتار سمـــاد عضـــوي) مقارنـــة بظـــروف عدم التسميد (N_0 P_0 K_0) . وسُجل إرتباط موجب وعالي المعـــنوية بيـــن دلـــيل مســـتوي الخضرة (محتوي الكلوروفيل) والمادة الجافة r = + 0.92 وكذلـــك مع المحصـــول r = + 0.82 ، في حين كان الارتباط سالباً بيـــن طول الفترة التي تعرض لها النبات لإجهاد النيتروجين مع محصول حبوب القمح r = - 0.90

وفي الذرة الشامية ، أمكن توظيف خصائص الطيف والحرارة للمجموع الخضـــري للنبات في التمييز بين النباتات المجهدة وغير المجهدة للنيتروجين . وتـــم قـــياس مختلف مؤشرات النمو على أساس انعكاس الأشعة الحمراء وتحت الحمراء كمؤشرات طيفية تحت ظروف إجهاد وعدم إجهاد نقص النيتروجين.

حيـــث لا حـــظ **Saxena and Rao (2003)** حـــدوث تبايـــن في الاســـتجابة للطيف بين النباتات المسمدة وغير المسمدة بالنتيروجين ، وأظهرت نـــباتات الـــذرة غـــير المسمدة والتي تعاني من نقص النيتروجين قيمًا منخفضة لمؤشـــرات نســـبة الأشـــعة تحـــت الحمراء / الحمراء والفرق العادي ، مقارنة بالنباتات المسمدة وكانت الاختلافات أكثر وضوحاً خلال فترة النمو القصوي.

وقـــد إســـتخدمت تقنـــية **الاستشعار عند بعد** في قياس الفرق في درجة الحـــرارة بين العرش والهواء والتفريق بين نباتات الذرة المسمدة وغير المسمدة بالنيتروجيـــن ، حيث سُجلت قيماً عالية للفرق بين درجة حرارة العرش والهواء

في حالة نباتات الذرة التي تعاني من نقص النيتروجين ، وكانت الاختلافات أكثر وضوحاً خلال المرحلة الوسطي من فترة نمو المحصول.

5- المحصول Yield

يعتبر تقدير المحصول تحت ظروف نقص العناصر الغذائية دليلاً إنتخابياً واضحاً وجلياً ومعبراً عن درجة مقاومة أصناف المحاصيل لنقص العناصر . وعلى أية حال ، تنخفض قيمة معامل التوريث للمحصول بصورة ملحوظة تحت ظروف الإجهاد المختلفة.

وينبغي تقدير محصول مختلف التراكيب الوراثية تحت ظروف إجهاد نقص العنصر والظروف الطبيعية مع زراعة صنف للمقارنة معروف بالمقاومة بانتظام في الحقل . ويحسب محصول مختلف التراكيب الوراثية كنسبة مئوية من محصول صنف المقارنة الأقرب إليه في القطعة التجريبية . كما يمكن تقدير دليل التحمل ودليل الحساسية لنقص العنصر.

وعموماً ، يعتبر المحصول معياراً مقبولاً في تجارب الآباء والسلالات المنتخبة ، غير أنه غير مناسب في حالة الانتخاب على مستوي النبات الفردى خلال الأجيال الانعزالية.

كيفية تصحيح أعراض نقص العناصر الغذائية

Correction of nutrient elements disorders

بعد تشخيص ومعرفة أعراض نقص العنصر على النبات وتحديده ، تتبع الإجراءات المناسبة لتصحيح أعراض النقص . وتتباين وسائل المعالجة حسب الظروف الزراعية والمناخية ونوع العنصر . ويعتبر إستخدام أصناف المحاصيل الكفء أو المتحملة في توليفة مع مستويات التسميد المناسبة أو تعديل وتحسين

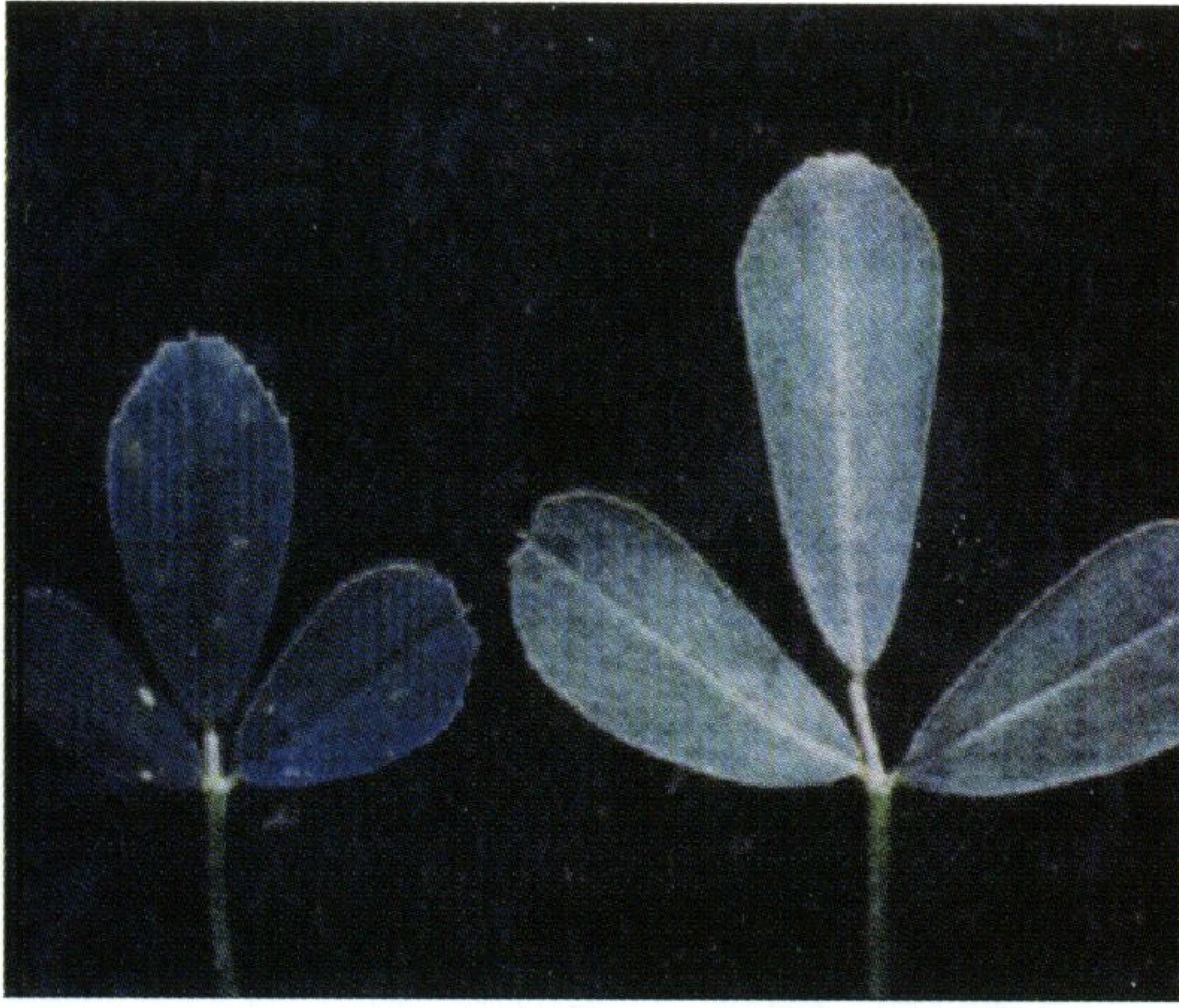
.ظـــروف الـــنمو من أفضل الحلول لهذه المشكلة . ويوضح جدول (2 – 18) طرق تصحيح أعراض نقص العناصر.

جـــــدول (2 – 18) : طـــرق تصحيـــح أعـــراض نقـــص العناصـــر الغذائيـــة

العنصر	طرق التصحيح
النيتروجين	إضـافة المـادة العضـوية إلـى الـتربة ، إضـافة الأسـمدة النيتروجينـية ، إدخـال المحاصـيل البقولـية فـي الـدورة الزراعـية ، رش عـرش الـنبات بمحلـول 0.25 – 0.5 % من اليوريا .
الفوسفور	ضبط درجة حموضة p^H التربة وإضافة الأسمدة الفوسفاتية .
البوتاسيوم	إضافة الأسمدة البوتاسية ، خلط متبقيات المحاصيل .
الكالسيوم	إضـافة الجير إلـى الأراضـي الحامضية ، إضافة الجبس أو مصادر الكالسيوم الأخرى الذائبة عند عدم الحاجة أو الضرورة إلى الجير ، رش العرش في الحالات الحادة بـ 0.75-1% محلول نترات الكالسيوم.
الماغنسيوم	إضافة حجر الجير الدولوميتي ، الرش بـ2% محلول كبريتات الماغنسيوم .
الكبريت	إسـتخدام الأسـمدة المحـتوية علـى عنصـر الكبريـت مـثل سـلفات الأمونـيوم والسوبر فوسفات الإحادي ، إضافة الجبس أو عنصر الكبريت.
الزنك	إضـافة كبريتات الزنك إلى التربة ، الرش بـ 0.1 – 0.5 % محلول كبريتات الزنك .
الحديد	الرش بـ 2 % سلفات الحديد أو 0.02 – 0.05% من محلول الحديد المخلي وإستخدام الأصناف عالية الكفاءة للحديد.
النحاس	إضـــافة المصـــادر المحـــتوية علـــى الـنحاس إلـى الـتربة أو الـرش بمحلـول 0.1 – 0.2 % كبريتات النحاس.
البورون	إضـــافة الأســـمدة المحـــتوية علـــى الـــبورون إلـــى الـــتربة أو الـــرش بـ 0.1 – 0.25% من محلول البوراكس.
الموليبدنم	إضـافة الجـير إلـى الأراضـي الحامضـية ، إضـافة موليبدات الصـوديوم أو الأمونيوم أو الرش بمحلول 0.07 – 0.1 % من موليبدات الأمونيوم.



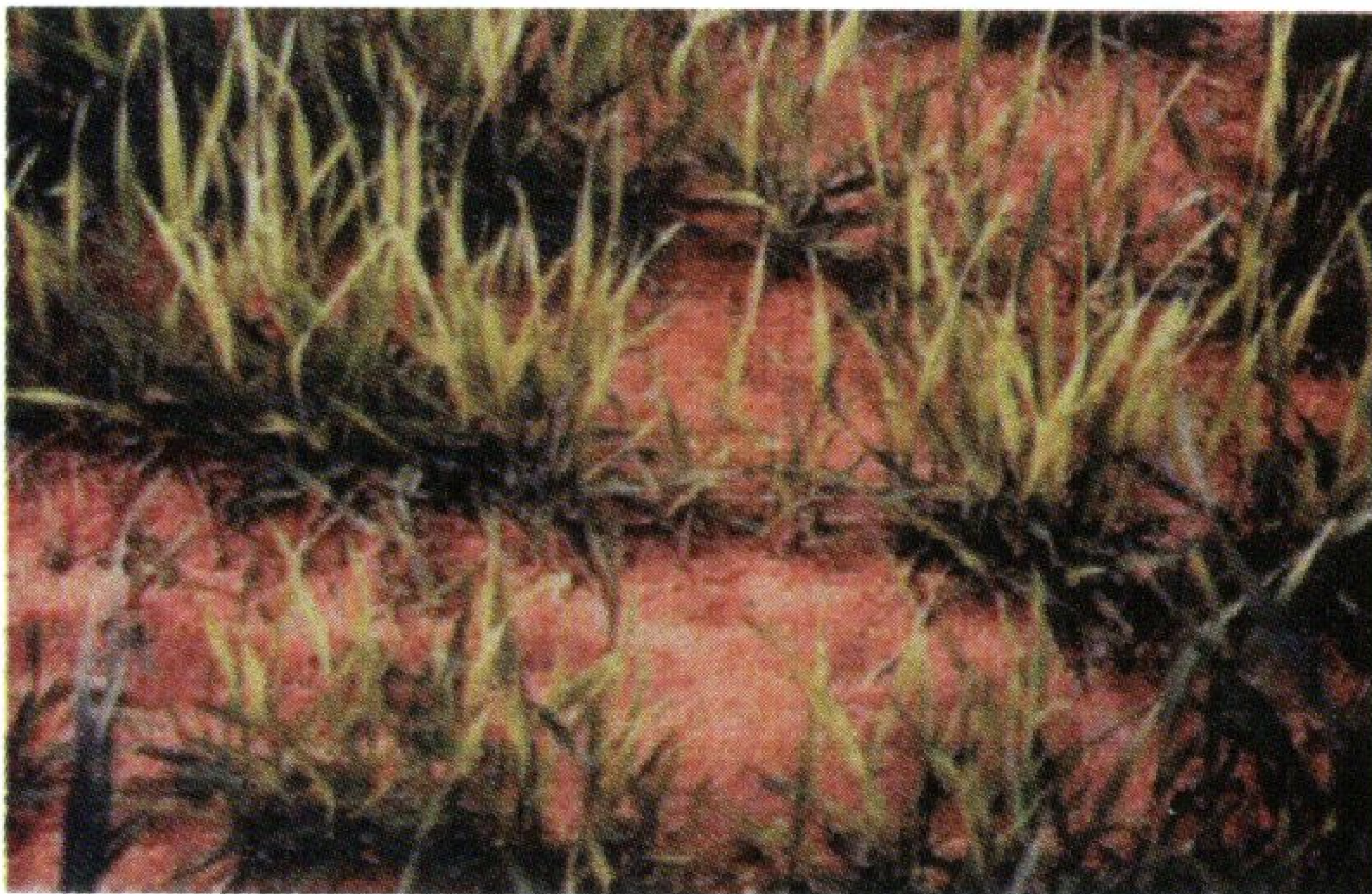
أعراض نقص النيتروجين على
نبات الذرة الشامية



أعراض نقص الفسفور على
نبات البرسيم الحجازى



أعراض نقص البوتاسيوم على
نبات فول الصويا



أعراض نقص الكبريت على
نبات القمح



أعراض نقص الكالسيوم على
نبات الشعير



أعراض نقص الماغنسيوم على
نبات الشعير



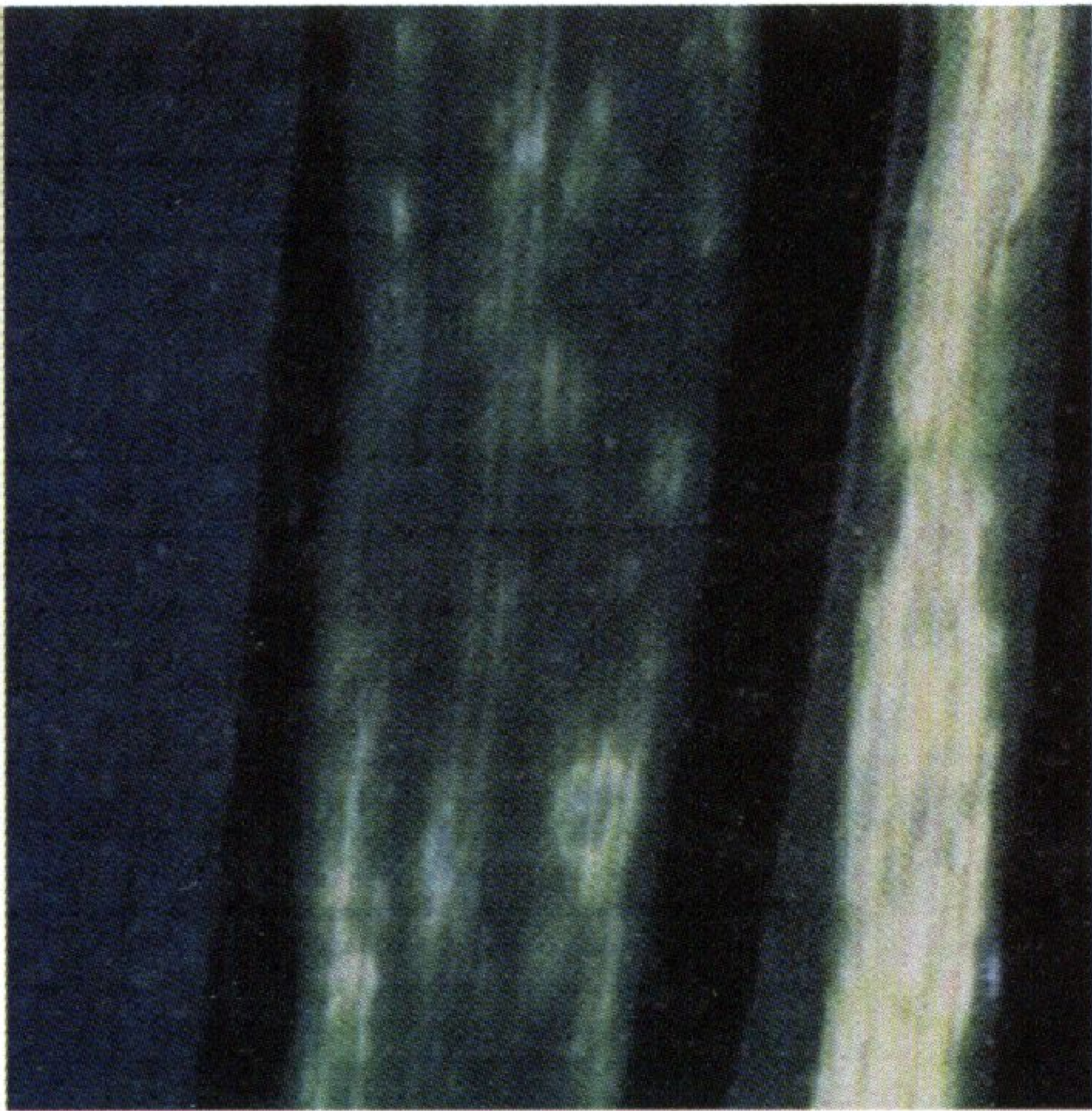
أعراض نقص الزنك على نبات الذرة الشامية



أعراض نقص الحديد على نبات القمح



أعراض نقص المنجنيز على نبات فول الصويا



أعراض نقص النحاس على نبات القمح



أعراض نقص البورون على نبات القمح



أعراض نقص الموليبديم على نبات القنبيط



أعراض نقص الكلورين على نبات القمح

الباب الثاني

عامل التربة وكفاءة المحاصيل
في إمتصاص والاستفادة من العناصر الغذائية
Soil Factor and Efficiency of Crops to Absorp and Utilize of Nutrient Elements

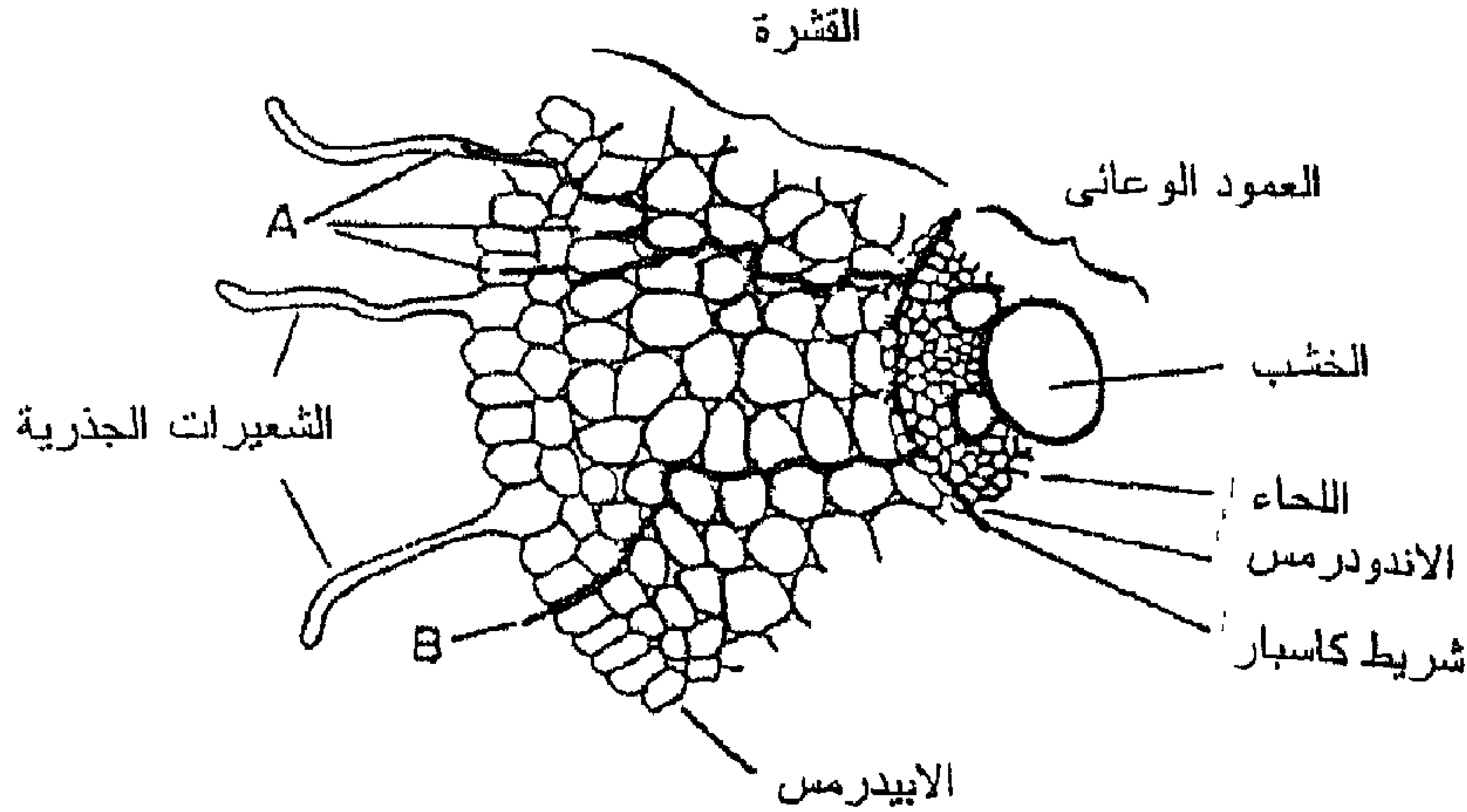
يقوم النبات بإمتصاص العنصر الغذائى فى صورته الأيونية من المحلول الأرضى ، وهناك إمداد متوازن للعنصر بصورة مستمرة من مادة الأصل يسمح بالمحافظة على مستواه فى محلول التربة عوضاً عن الكمية التى امتصها النبات.

ويوجد عديد من النظريات التي تفسر إمتصاص العنصر الغذائي بواسطة النبات والذي يعبر عنه بعدة مصطلحات مثل Absorption أو Intake أو Uptake ، وتشير جميعها كما ذكر البشبيشى وشريف (1998) إلى دخول الأيونات إلى داخل جذر النبات . كما تتحرك الأيونات ضد تدرج التركيز وهي عملية حيوية . حيث تُمتص أيونات العناصر الغذائية بواسطة الشعيرات الجذرية وتتحرك خلال الأبيدرمس والقشرة والاندودرمس والعمود الوعائي ونهايةً إلى الخشب . وخلال الخشب تنتقل الأيونات إلى المجموع الخضرى . ويمد اللحاء المجموع الجذري بنواتجات التمثيل الغذائي السابق تجهيزها من المجموع الخضري ، كما هو موضح بالقطاع العرضى لجذر الذرة الشامية (شكل 2– 2).

ويوجد إثنان من المسارات المتوازية لحركة الذائبات عبر القشرة حتى تصل إلى العمود الوعائى :

الأول : المرور خلال المسافات الخارج خلوية أو الابوبلاست (جدار الخلية والمسافات بين الخلوية) .

والـــثاني ؛ المـــرور من خلية إلى خلية في السيمبلاست (البروتوبلازما الحـــية) خـــلال الخيوط السيتوبلازميه التي تربط سيتوبلازم الخلايا مع بعضها البعض.



شكل (2 - 2) : قطاع عرضى في جذر الذرة الشامية ، يوضح مسارات إنتقال الأيون فى (A) الـــ Symplastic و (B) الـــ Apoplastic عبر الجذور.

كـــيف تحصـــل النـــباتات على إحتياجاتها من العناصر الغذائية ؟ How can plants obtain of their nutrient requirements ?

يقوم النبات بتغطية إحتياجاته من العناصر الغذائية من خلال الخطوات الآتية :

1- إمتصاص العنصر الغذائي خلال المحلول الأرضي إلى جذر النبات.

2- إمتصاص العنصر بواسطة الجذور.

3- إنتقال العنصر داخل النبات من الجذر إلى الأجزاء الهوائية.

وعموماً ، عندما يصل العنصر في الصورة الأيونية إلى أسطح الجذور من المحلول الأرضى ، فإن هناك ثلاثة إحتمالات يمكن أن تحدث له وهي :

1- إدمصاصه على أسطح خلايا الجذور نتيجة توفر الشحنة الكهربائية على هذه الأسطح.

2- مـرور العنصـر خلال خلايا الجذر عن طريق الحركة الحرة Passive movement خـلال الجزء من الخلية المسمي بالفراغ الحر Free space دون الحاجة إلى طاقة.

3- تراكم Accumulation العنصر داخل الخلايا عن طريق الامتصاص النشط Active uptake أو الامتصاص الحيوي Metabolic uptake.

توصـيف عملـية إمتصاص وإستفادة نباتات المحاصيل من العناصر الغذائية Description of uptake process of crop plants from nutrients

يمكـن توصيف عملية إمتصاص النباتات الراقية لأيونات العناصر فيما يلي :

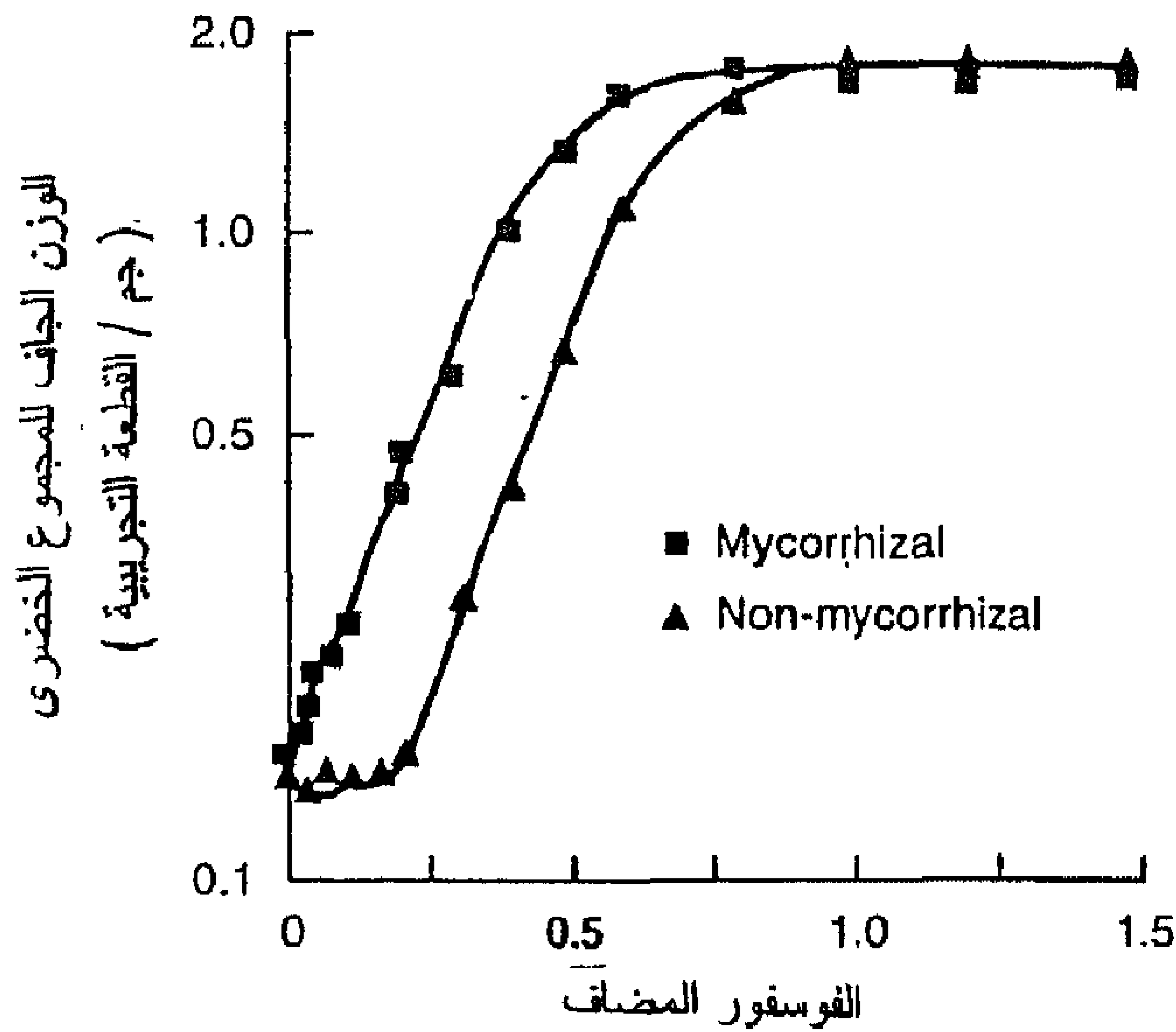
1- الاختيارية Selectivity ، بمعني أن يكون هناك أفضلية لامتصاص بعض العناصر بواسطة نوع نباتى معين عن البعض الآخر.

2- التجميع أو التراكم Accumulation ،وفى هذه الحالة يزداد تركيز العنصر داخل العصير الخلوي في النبات ليصبح أعلى بكثير من تركيزه في المحلول الأرضي.

3- وراثـياً Genotypic ، حيث تختلف أنواع وأصناف المحاصيل في القدرة على إمتصاص الأيونات على حسب تركيبها الوراثي.

وعـندما يـتأثر أداء النبات عكسياً بنقص أو زيادة العناصر الغذائية فى الـتربة ، يشـار إلـى هـذه الحالـة ، بأن النبات واقعاً تحت إجهاد العناصر Mineral stress.

وتستجيب النباتات لإجهاد العناصر عن طريق زيادة نمو المجموع الجذرى بالنسبة للمجموع الخضرى وزيادة نفاذية الأغشية . كما تفرز الجذور أحماض عضوية تزيد من تيسر الفوسفور والزنك والمنجنيز . بل وتكوّن جذور النباتات علاقات تكافلية مع عديد من الفطريات مثل فطر Mycorrhiza ، حيث تُزيد هيفا الفطر من مساحة سطح الجذور المعرض للتلامس (شكل 2 - 3) ، وهو ما قرر فى عديد من المحاصيل مثل البرسيم والقمح والراى والترتيكال والذرة الشامية ، ومن ثم تزيد كفاءة إمتصاص العناصر الغذائية قليلة أو بطيئة الحركة Low mobility مثل الفوسفور والزنك والنحاس إلى جانب الانتقال النشط للأيونات والتى تعتبر جميعها مكونات ضرورية لأقلمة النبات لإجهاد العناصر .



شكل (2 - 3) : يوضح زيادة كمية الفوسفور الممتص في نبات البرسيم مع وبدون التلقيح بفطر الميكوريزا (عن : Havlin , 1999) .

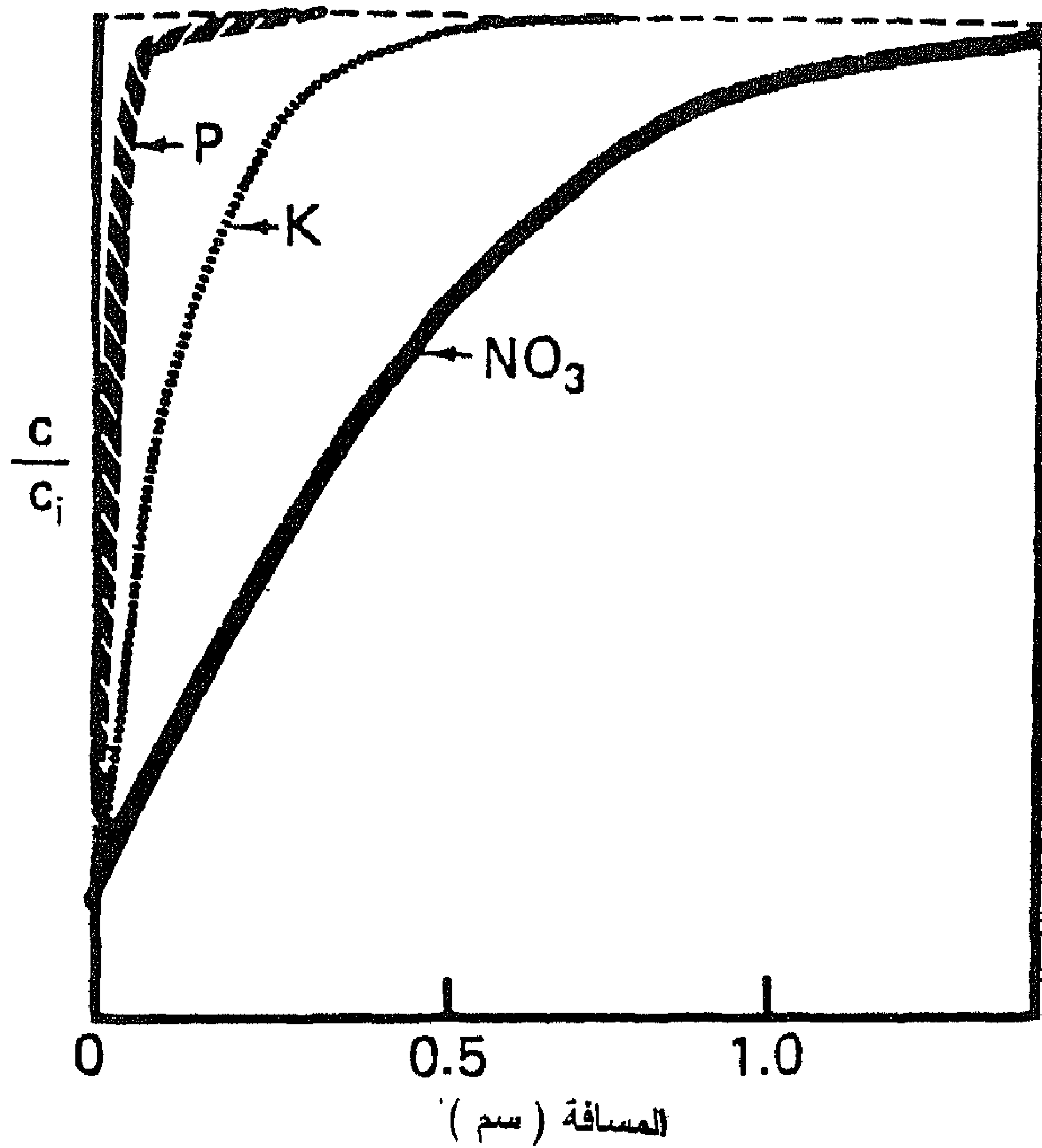
ولتحقيق الاستفادة من العناصر الغذائية يجب أن تتلامس جذور النبات مع العناصر الموجودة في بيئة النمو أو يرش على الأوراق وأجزاء النبات ، كما

تـــنمو وتـــتحرك جذور النبات خلال التربة لتتلامس مع العناصر الغذائية أو قد تتحرك العناصر إلى الجذور ، وتُمتص معظم العناصر السمادية بواسطة جذور النباتات النامية في التربة ، ويحدث تلامس لجذور بعض النباتات بحوالي 1 أو 2 % فقط من حجم التربة .

وتعـــتمد حركة العنصر الغذائي خلال المحلول الأرضي إلى النبات على الاعتراض الجذري وإمتصاص الجذور له وعلى التدفق الكتلي من خلال إنتقال المحلول الأرضي المحتوي على العنصر الغذائي إلى النبات أو على الانتشار ، حيث ينتقل العنصر خلال المحلول الأرضي حسب تدرج التركيز . ويعتبر توفر المـــاء مهماً لتيسر حركة العناصر باتجاه الجذور . فتحتاج النباتات إلى عناصر النيتروجيـــن والفوسفور والبوتاسيوم بكميات كبيرة . ويمد التدفق الكتلي النبات بالجـــزء الأكبر من النيتروجين الذي يستخدمه نظراً لسهولة تحرك النترات مع تـــيار الماء .غير أن عنصرى الفوسفور والبوتاسيوم لا يتحركا بسهولة بالتدفق الكتلي ، ويعتمد تيسرهما عند أسطح الجذور على الانتشار كما هو موضح بشكل (2 - 4) .

وعلى الرغم من تباين قيم الانتشار مع ظروف التربة والماء في الأرض فقد قدرت قيم مسافة الانتشار للنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم فكانت 1 ، 0.2 ، 0.02 ســم لهــذه العناصر ، على الترتيب **(Barber , 1976)** . كما قدرت نســبة المستفاد من هذه العناصر فكانت 50 % للنيتروجين ، 10 % للفوسفور و 20-40 % للبوتاسيوم .

وتلعـــب خصـــائص المجمـــوع الجذري وتمدد وإنتشار الجذور وزيادة المسطح النوعي دوراً هاما في التلامس مع العناصر الغذائية وامتصاصها وكفاءة الاســتفادة مـــنها جنبا إلى جنب مع ظروف التربة والبيئة المحيطة من رطوبة وحرارة ونظام إدارة المحصول .



(شكل2 – 4) : توزيع النترات (No_3) والفوسفور (P) والبوتاسيوم (K) المنتقل من جذور النـــبات النامى في أرض سلتية – طميية ، بعد الامتصاص بـــ 5 أيام ، حيث يحكم الانتشار معـــدل تدفق وسريان العناصر إلى الجذور . تشير C إلى التركيز الناتج كجزء من CI الذي يمثل التركيز الأولى للعناصر الميسرة . (عن Barber , 1967).

الباب الثالث

ميكانيكية المقاومة لنقص العناصر
Resistance Mechanism to Mineral Deficiency

تستطيع التراكيب الوراثية المقاومة لنقص العناصر أن تنمو بصورة جيدة تحت ظروف نقص العنصر مثلها في ذلك مثل التراكيب الوراثية الحساسة التي تنمو تحت ظروف عدم الإجهاد ، وتشمل الميكانيكيات المسئولة عن مقاومة المحاصيل لنقص العناصر عملية إعادة توزيع وكفاءة إمتصاص العناصر وكفاءة إنتقال العناصر والتجزئ والسعة التبادلية الكاتيونية.

1- إعادة توزيع العناصر Mineral redistribution

في هذه الاستراتيجية ، تتحرك العناصر الموجودة في الأوراق القديمة ، المسنة إلى الأنسجة الصغيرة الحديثة . فقد تأكد إعادة توزيع عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم ، كما لوحظ إعادة توزيع المنجنيز في بعض الحالات. وعلى الجانب الآخر تقل حركة عنصر النحاس تحت إجهاد نقص العنصر .

2- كفاءة إمتصاص العنصر Efficient mineral uptake

يتحسن إمتصاص العناصر بحموضة الوسط نتيجة إفراز جذور النبات بعض الأحماض العضوية . وتقوم جذور التراكيب الوراثية الكفء في إمتصاص عنصر الحديد بتحرير أيونات الهيدروجين H^+ في بيئة الجذور ، ويساعد ذلك في إختزال أيون الحديديك Fe^{3+} إلى الحديدوز Fe^{2+} الأكثر تيسراً .

ويعتــبر نشـــاط إنـــزيم الـــ Phosphatase مؤشراً لتقدير الاختلافات النوعــية فـــى إمتصاص وكفاءة الاستفادة من الفوسفور . فتحت ظروف نقص الفوســفور ، تضــاعف مستوى نشاط الإنزيم 2.5 مرة فى الأنواع *Aegilops speltoides* , *T. boeoticum* مقارنـــة بالنـــوع *T. dicoccoide* .(**McLachlan, 1980**).

كمـــا تميزت سلالات وأصناف الذرة الشامية الأكثر كفاءة فى إمتصاص النيتروجيـــن بـــزيادة مســـتوى نشاط إنزيم Nitrate reductase ومعدل تمثيل النيتروجيـــن ومحـــتوى البروتين الذائب وإنتاج المادة الجافة والمحصول مقارنة بالأصناف الأقل كفاءة (**Hageman *et al.*, 1961**) .

3 – كفاءة إنتقال العناصر والتجزئ Mineral transport and partitioning efficiency

تحدث في بعض أنواع الأراضي مثل الأراضى الجيرية ، سيادة عنصر الكالســيوم ، الأمـــر الـــذي يؤدي إلى تثبيط نشاط الحديد Fe ، ومن ثم ظهور أعـــراض إصـــفرار الحديد Iron chlorosis في التراكيب الوراثية الحساسة . وتستطيع التراكيب الوراثية المقاومة لهذا العرض تجنب التلامس Interference مع الكالسيوم ، ويؤدى ذلك إلى زيادة محسوسة في إنتقال الحديد من خلال قشرة الجذور إلى الخشب وهو ما لوحظ في صنف الذرة الشامية WF9 .

ويعتـــبر معـــدل سرعة إنتقال العناصر الغذائية من الجذور إلى الأوعية المناسبة من الخصائص المسئولة عن مقاومة نقص العناصر . وتتباين التراكيب الوراثـــية فـــي هذه الخاصية فتمثل الحركة البطيئة في اللحاء لعناصر البورون والكالســـيوم والمنجنـــيز مشكلة في كثير من الحالات . وقد تميزت سلالة الذرة الشامية Pa 54 ذات الكفاءة في الاستفادة من الحديد الميسر بالتربة بزيادة معدل

إنتقال الحديد فيها إلى الأوراق مقارنة بسلالة الذرة الأقل كفاءة Yellow Strip. كمـا وجد Spear ومساعدوه (1978) أن معدل تدفق البوتاسيوم اللازم لتأمين إحـتياجات المجمـوع الخضـري كان أعلى في صنف الكسافا Cu Q24 عن الصنف $Cu\ Q_1$.

4- السعة التبادلية الكاتيونية Cation exchange capacity

تفـيد هـذه الخاصـية في تمييز التراكيب الوراثية المتحملة لانخفاض الفوسـفور في التربة . وتتميز التراكيب الوراثية للأنواع الأكثر طلباً (إحتياجاً) للفوسـفور والتـي تعتمد على خصوبة التربة في تغطية معظم إحتياجاتها بسعة تبادلية كاتيونية عالية عن الأنواع الأقل طلباً للعنصر . وقد أشارت الدراسات أن السـعة التبادلـية الكاتيونـية المنخفضة تكون في صالح الأيونات الإحادية مثل البوتاسـيوم عـن الأيونات الثنائية مثل الماغنسيوم والكالسيوم والتي تتجمع في بعض الأصناف.

مستويات مقاومة أصناف المحاصيل لإجهاد نقص العناصر

Levels of crop cultivar resistance to mineral stress deficiency

تـندرج مسـتويات مقاومـة أصناف المحاصيل لإجهاد نقص العناصر الغذائية فيما يلي :

1- أصناف مقاومة لنقص العناصر

Mineral deficiency resistant cultivars

وهـي أصـناف المحاصـيل التي تُبدي مظاهر نمو وتعطي مستويات محصـول جـيدة . وفـي نفـس الوقت تكون أقل تأثراً بنقص العنصر مقارنة

بالأصناف الأخرى التابعة لنفس النوع ، وتعرف الظاهرة نفسها بالمقاومة لنقص العناصر .

2- أصناف ذات كفاءة (كفء) للعناصر الغذائية

Mineral efficient cultivars

وهي الأصناف التي تستطيع إنتاج أعلى كمية من المادة الجافة أو الناتج النهائي لكل وحدة من العنصر الممتص بواسطة النبات ومن ثم فهي تستطيع النمو جيداً وإنتاج مادة جافة أعلى مع معدلات إمتصاص ونقل كميات أكثر من العناصر التي بها نقص في التربة إلى الأوعية والأعضاء المناسبة ، وتتطور أعراض النقص عليها ببطء متميزة فى ذلك عن نباتات الأصناف الأخرى عند زراعتها تحت مستويات منخفضة من العناصر الغذائية .

وقد أوضح **Gupta (1997)** أن التراكيب الوراثية ذات الكفاءة للزنك تستطيع إمتصاص كمية أكبر من العنصر من الأراضي الفقيرة في محتوى الزنك وإنتاج كمية أعلى من المادة الجافة والمحصول. ووصف **Singh (2003)** الصنف ذو الكفاءة للعناصر الغذائية Nutrient efficient cultivar ، بأنه الصنف الذي يمتلك القدرة على التحويل الجيد للعناصر الممتصة Nutrient inputs إلى مخرجات مرغوبة Desired outputs مقارنة بالأصناف الأخرى . فالصنف الذي ينتج محصولاً أعلى بالنسبة لكمية العنصر المضاف يعتبر صنف كفء .

3- أصناف تتحمل نقص العناصر

Mineral deficiency tolerant cultivars

ويقصد بها الأصناف التي يحدث بها مستوي منخفض من الضرر للعمليات الحيوية الضرورية لحياة النبات عندما تحتوي أنسجتها على تركيزات

أقـــل من الحدود الحرجة للعنصر ، وتعرف هذه الظاهرة بالتحمل Tolerance وتبدو ذات أهمية فى مجال التربية لتحمل نقص العناصر الغذائية.

4- أصناف تتجنب نقص العناصر
Mineral deficiency avoidant cultivars

وهي الأصناف التي تمتلك ميكانيكيات تساعد على تجنب نقص العناصر الغذائية في أنسجة النبات وتجنب ظهور أعراض النقص عليه ، وتعرف الظاهرة بالتجنب Avoidance

وهناك إثنان من المفاهيم فيما يتعلق بكفاءة الإستفادة من العناصر الغذائية يجب أخذهما في الاعتبار هما :

أ- كفـــاءة النـــبات فـــي إســـتعادة العناصر السمادية التي أضيفت إلى الأرض لاستعمالها بواسطة النبات.

ب- كفاءة النبات في إستخدام العناصر بعد إمتصاصها بواسطة النبات .

هـــذا ويعتـــبر محتوي العناصر الغذائية المرتفع في الحبوب ، إنعكاس لكفاءة الصنف في إمتصاص العنصر . وتتباين أصناف المحاصيل في هذه القدرة إذ يتميز بعضها بكفاءة إمتصاص أعلى عن الأخرى من نفس قطاع التربة أو من المنطقة المجاورة ، ويرجع ذلك إلى تأثيرات وراثية خاصة بالصنف . ويبدو من المنطقـــي تركيز عمل المربي تجاه إنتاج أصناف ذات كفاءة ليس فقط للاستفادة مـــن العناصـــر الكـــبرى ، ولكـــن أيضا ذات كفاءة في الاستفادة من العناصر الصغرى التي يحتاجها النبات بكميات قليلة ولكن تيسرها منخفض.

الباب الرابع

أسس مقاومة المحاصيل لإجهاد نقص العناصر الغذائية
Fundamentals of Crop Resistance to Nutrient Elements Deficiency Stress

الصفات النباتية والمعايير الانتخابية
Plant Characters and Selection Criteria

تتعدد الصفات النباتية ذات العلاقة وتحمل المحاصيل لنقص العناصر والتي يمكن إتخاذها كمعايير إنتخابية في برامج التربية.

أولا: الصفات الفينولوجية التطورية Developmental and phenological characters

1- قوة النمو والإنبات المبكر Early germination and growth vigour

يعتبر النمو القوي وسرعة التطور من الصفات الهامة التي تساعد نبات المحصول على إمتصاص العناصر الغذائية وتحمل نقص العناصر . وهو ما لوحظ في صنف القمح الاسترالي Vigor 18 ذو النمو القوي المبكر ومحصول المادة الجافة المرتفع للسيقان مقارنة بالأصناف Janz , Westonia , Camm , Tincurrin وقد تباينت الأصناف معنوياً في إمتصاص النيتروجين في مرحلة التفريع والبلعمة وكانت معدلات الامتصاص النوعية للنترات NO3 بجذور الصنف Vigor 18 أعلى ، وإرتبط ذلك مع معدل النمو النسبي للمجموع الخضري (**Liao *et al.* , 2002**).

ومـن النتائج الفريدة ما لوحظ من تفوق عائلات الجيل الذاتي الأول من الـذرة الشـامية عالـية المحـتوي من الفوسفور في قوة نمو البادرات مقارنة بالعائلات الأقل في هذه الصفة (Wardyn and Russell , 2005) ، وإرتباط متوسـط السلوك لصفات قوة النمو مع محصول الحبوب العالي في هجن الذرة الشامية ، تحت المستوي المنخفض من النتيروجين مقترحاً أهمية الانتخاب لقوة الـنمو في تحسين محصول الذرة الشامية تحت ظروف إجهاد العناصر الغذائية (Lafitte and Edmeades , 1995) .

2-التبكير في النضج Early maturity

تـتجه الأصناف مبكرة النضج الأقدر على تحمل إجهاد نقص العناصر إلـى تجمـيع محتوي أعلى من العناصر الغذائية في الحبوب خلال فترة إمتلاء قصـيرة . وهو ما لوحظ في بعض أصناف القمح المتحملة للإجهاد البيئي والتي تتميز بفترة إمتلاء قصيرة ومعدل إمتلاء عالي مثل سدس 7 .

كما تتجه هجن الذرة الشامية مبكرة النضج إلى تجميع محتوي أعلى من الفوسـفور عـن الهجـن متأخرة النضج ، وحددت القدرة على تراكم الفوسفور كصفة انتخابية لزراعة الذرة الشامية في الأراضى منخفضة الخصوبة.

وقد حدد رضوان وآخرون (2003) صفات تبكير إنتثار حبوب اللقاح وظهور الحراير مع قصر الفترة بينهما ، معاييراً إنتخابية لتحسين كفاءة إستخدام النيتروجين وتفوق محصول الحبوب فى الذرة الشامية .

ثانياً: الصفات المورفولوچية Morphological characters

1- خصائص المجموع الجذري Root system characters

تختلف الأنواع النباتية في مدي إنتشار مجموعها الجذري ، حيث تنتشر جذور بعض الأنواع في الطبقة السطحية من التربة ، وبالتالى تستفيد من خصوبة

التربة في هذه الطبقة . والبعض الأخر ، ينتشر في طبقة عميقة نوعاً ما ، وبالتالي تستفيد من الطبقة المتعمقة من التربة . وتمتاز بعض أصناف المحاصيل بأن مجموعها الجذري يتجمع بالكامل في الطبقة السطحية وبالتالي توفر مواد ممثلة تساهم فى زيادة المحصول ومكوناته.

وتعتبر خصائص الجذور من السمات الهامة لأصناف المحاصيل الكفء في الاستفادة من العناصر الغذائية . ويعتبر التباين الوراثي العالي في مورفولوجي الجذور وكثافة وطول ومساحة السطح النوعي للشعيرات الجذرية مفيداً في الانتخاب والتربية لتحسين هذه الصفات بما يساعد على زيادة إمتصاص العناصر الغذائية المتاحة من قطاع التربة.

ولقد لعب الوزن الجاف للجذور وطول الجذور في الأرز دوراً معنوياً في كفاءة الاستفادة من عنصر الزنك وأسهم تأثير التفوق لصفة طول الجذر بحوالي 48 % من التباين الكلي لكفاءة الاستفادة من العنصر (**Wang** . ***et al.*,2004)**

وقد وجد أن إمتصاص الفوسفور المعلم P^{32} باثنين من سلالات الذرة الشامية وهجنها كان أعلى في الهجن الأكبر في حجم المجموع الجذري ، حيث إمتصت كمية أكبر من الفوسفور المشع وإرتبط ذلك مع النمو المبكر السريع ومع تطور المجموع الجذري (**Rabideaux *et al.*, 1950**).

2- صفات المجموع الخضري Shoot system characters

تؤثر خصائص المجموع الخضري في قدرة الأصناف على الاستفادة من وتحمل نقص العناصر الغذائية . وترتبط الاختلافات بين الأصناف في كفاءة إمتصاص النيتروجين مع حجم وطول فترة حياة الأوراق . حيث لوحظ تميز

أصناف القمح المكسيكية عالية الكفاءة في إمتصاص النيتروجين بزيادة عدد الأوراق على الفرع والبقاء أخضر لفترة أطول **(Syme , 1972)**.

كما ظهرت أهمية صفات مساحة نصل وغمد ورقة العلم ومساحة حامل السنبلة والمساحة التمثيلية الكلية وخصوبة الأزهار في 15 تركيب وراثي من القمح تحت إجهاد نيتروجين ؛ صفر أو 220 كجم يوريا / هكتار ولقد تفوق التركيب الوراثي V x T (short) في مساحة نصل ورقة العلم وبقية الصفات المدروسة ، وكذا التركيب 49 (10) V x T في مساحة غمد ورقة العلم ومساحة الحامل والمساحة التمثيلية الكلية وكان التركيب الوراثي K x BW-1 الأعلي في خصوبة الأزهار ومحصول النبات تحت ظروف إجهاد النيتروجين المختلفة . **(Awal *et al.* , 2000)**

وقد ظهرت الأهمية النسبية لصفات عدد الأوراق وطول النبات والمحتوي الكلي من المادة الجافة والوزن الجاف للمجموع الخضري والوزن الجاف للمجموع الجذري وطول الجذر تحت إجهاد نقص عنصر الزنك . وقدر **Wang** ومساعدوه (2004) مدي مساهمة هذه الصفات باكثر من 65% من التباين الكلي لكفاءة الاستفادة من الزنك في أرز المناطق المرتفعة ، ومّثل التباين الراجع إلى التأثير المضيف للجينات 21.85% لجميع الصفات عدا طول الجذر، وبلغت قيمة التباين الراجع لتأثير التفوق لصفة طول الجذر 48 % من التباين الكلي .

وفي فول الصويا ، تفوق الصنف XM6 في صفتي كثافة الشعيرات الجذرية وطول الشعيرة الجذرية / وحدة من الجذور عن الصنف CN4 ، تحت مستوي متوسط الانخفاض من الفوسفور الميسر **(Lide *et al.* , 2004)** .

3- نسبة المجموع الجذري إلى الخضري Root : Shoot ratio

ظهـر فـي عديـد مـن الحالات ، إرتباط بين زيادة نسبة وزن وحجم المجمـوع الجـذري إلـى الخضري مع المقاومة لنقص العناصر تحت ظروف الإجهـاد . فقد اتضح أن الإشارة الحاثة لزيادة كتلة الجذور يتم إدراكها قبل أن يـؤدي نقـص العنصر إلى توقف التمثيل الضوئي ، وهذه الإشارة مسئول عنها سيتوكينينات الجذور . ومما يدعم هذا الرأي التكوين الكثيف للجذور الجانبية تحت ظـروف الإجهـاد حيث تكون التراكيب الوراثية ذات المجموع الجذري الأكبر حجمـاً ، أفضل في تجنب إجهاد نقص العناصر مقارنة بالتراكيب الوراثية ذات المجمـوع الجـذري الأقل حجماً . ولقد أوضح Kuang–RuiBin وآخرون (2005) وجود إرتباط قوي بين محتوي سيقان فول الصويا من النيتروجين في 57 سلالة مع صفات وزن الجذور وطول الجذور والمسطح النوع للجذور.

ثالثاً: الصفات الفسيولوجية Physiological characters

1- البقاء أخضر ومحتوي الكلوروفيل
Stay green and chlorophyll content

تلعب صفة طول فترة حياة الأوراق والبقاء أخضر دوراً معنوياً في قدرة الأصـناف علـى تحمل ظروف الإجهاد البيئي ونقص العناصر الغذائية . ولقد أشارت الدراسات إلى وجود 50 % من طول فترة حياة الورقة خلال فترة إمتلاء الحـبوب فـي النجيليات و90 % خلال فترة تكوين الجذور والدرنات في بنجر السـكر والـبطاطس. ويسهم وجود مساحة خضراء للأوراق بعد الأخصاب في تحسـين محصـول الحـبوب ، إذ يسهم التمثيل الضوئي بعد الأخصاب بحوالي 80–90% من الكربوهيدرات المتراكمة في حبوب القمح ،في حين يسهم التمثيل الضوئي قبل الأخصاب بـ 10–20% فقط (Spiertz and Vos , 1985) .

ولقــد مثلــت صــفة البقاء أخضر وبطء شيخوخة الأوراق وزيادة عدد الأوراق الخضــراء للنبات ، أهمية في تحمل هجن الذرة الشامية لإجهاد نقص النتيروجين ، وقد سجل رضوان وآخرون (2001) إرتباط موجب ومعنوى بين غلــة الحــبوب وكــل مــن تركيز الكلوروفيل ومساحة الأوراق والبقاء أخضر والمحصول البيولوجي ، تحت ظروف نقص النيتروجين .

كمــا إرتــبط محتوي الكلوروفيل الكلي بالأوراق وتحمل أصناف الأرز لنقص عنصر الحديد (Das and Baruah , 2003).

2- ثبات غشاء الورقة Leaf membrane stability

تعتــبر صــفة ثــبات الغشاء الخلوي والقدرة على الاحتفاظ بالماء تحت ظــروف إجهــاد التغذية واحدة من الصفات الفريدة في تحمل التراكيب الوراثية لــنقص العناصــر الغذائــية ، لــذا فهي مفيدة كصفة إنتخابية في برامج غربلة وإنــتخاب السلالات لتحمل نقص العناصر الغذائية . ولقد أوضح **Deshmukh** **ومعاونوه (2003)** أهمية سلامة الغشاء الخلوي في تحمل إجهاد نقص العناصر الغذائية في نباتات المحاصيل.

3- كفاءة الميتوكوندريا Mitochondria efficiency

تــبذل النباتات طاقة أعلى تحت ظروف الإجهاد لاستخلاص حاجتها من العناصــر الغذائــية . وتعتــبر كفاءة الميتوكوندريا في الإمداد بالطاقة اللازمة لامتصــاص العناصر الغذائية من الأراضي الفقيرة من الخصائص الفسيولوجية الهامــة لتحمل نقص العناصر . وهو ما سجل في أصناف القمح والراي والذرة الشــامية الأكــثر قــدرة على إمتصاص والاستفادة من الفوسفور تحت ظروف الأراضي الفقيرة في العنصر (عن : Gupta, 1997) .

4- الإنتاج العالي من المادة الجافة High dry matter production

يعتبر الإنتاج العالي للصنف المحصولي من المادة الجافة لوحدة المساحة، من المؤشرات المحددة لكفاءة النبات في الاستفادة من العناصر الغذائية. وبمفهوم المحاصيل تعتبر الاختلافات في محصول التراكيب الوراثية المنزرعة في تربة ذات إمداد غير كاف من العناصر إنعكاس لتباين كفاءة الأصناف في الاستفادة من العناصر الغذائية والذي يرتبط بنمو ونشاط الجذور والانتقال من الجذور إلى السيقان ، وهو ما سجل في أصناف الذرة الشامية الكفء في الاستفادة من الفوسفور (Elliott and Lauchli , 1985) ومحاصيل البقول الكفء فى الاستفادة من البوتاسيوم (Shea *et al.* , 1967) .

وتجدر الإشارة إلى أن زيادة المحصول في الأصناف عالية الإنتاجية إنما يرجع إلى حد كبير إلى تحسن دليل الحصاد ، وربما يحد هذا من توزيع المادة الجافة لنمو الجذور في الأصناف عالية الإنتاجية . ومن ثم ، في مثل هذه الحالة وحيث يعتبر المجموع الجذري آليه هامة لمقاومة نقص العناصر ، فقد يتعارض المحصول العالي مع المقاومة لنقص العناصر.

رابعاً : الصفات الكيموحيوية Biochemical characters

1- النشاط الانزيمي Enzyme activity

يتأثر النشاط الانزيمي بالتركيزات المتباينة من العناصر الغذائية في وسط النمو . ولقد لوحظ تبايناً واضحاً بين أنواع المحاصيل في النشاط الانزيمي تحت ظروف إجهاد العناصر . وعند دراسة كفاءة إمتصاص الفوسفور المعلم (P^{32}) وعلاقته بنشاط إنزيم الفوسفاتيز الحامضى ، لوحظ إختلاف واضح بين الترتيكال وأبوية القمح والراي ، حيث كان الترتيكال وسطاً بين أبويه وتمتع

الـــراي بكفـــاءة أعلـــى للفوسفور مقارنة بالأنواع الأخرى وكان مستوى النشاط الانزيمـــي مـــرتفعاً فـــي الراي يليه القمح ثم الترتيكال ووجد **Pandey and Singh (2003)** علاقـــة موجـــبة ومعـــنوية بين نشاط الانزيم وكل من الوزن الجاف للجذور ومحتوى الفوسفور الكلي في النبات في جميع الأنواع . وبالرغم من أن الراي كان هو الأكثر كفاءة للفوسفور تحت ظروف نقص العنصر ، فقد أظهـــرت الصـــفات المرتـــبطة بكفـــاءة إمتصاص والاستفادة من الفوسفور في الترتيكال توريثياً أعلى من القمح مقارنة بالراي.

ويحـــدث تحســـن في النمو والمحصول مع زيادة نشاط أنزيم Nitrate reductase وصـــافي التمثـــيل الضوئي والتوصيل الثغري ومحتوي البروتين الذائب بالورقة ، حيث أوضح **Burman وآخرون (2003)** أهمية تكامل الحالة الغذائية للنبات والحالة المائية في تحسين النمو ومحصول أصناف الكانولا تحت ظروف الرطوبة المنخفضة.

الباب الخامس

الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل لنقص العناصر
Genetic Variability and Sources for Mineral Deficiency Resistance

يمكـــن الحصول على المصادر الوراثية المقاومة لإجهاد نقص العناصر مـــن الأصـــناف المنزرعة أو السلالات البرية أو الأنواع القريبة أو الطفرات. وتعتـــبر الأصناف المنزرعة من المصادر الهامة لمقاومة إجهاد نقص العناصر والتي تم تربيتها في مساحات بها نقص في بعض العناصر الغذائية.

القمح Wheat

تتباين سلالات وأصناف القمح في إستجابتها للعناصر الغذائية حيث كانت التراكيب الوراثية 9 LR وسخا 69 وجميزة 5 وجميزة 7 أكثر كفاءة وإستجابة للتســميد الأزوتي وكانت السلالـــة 20 LR والصنف سخا 93 وجميزة 9 أكثر كفاءة وعديم الاستجابة والصنف بني سويف 2 وبني سويف 3 أقل كفاءة وأكثر إســتجابة . فـــي حين كانت الأصناف جيزة 164 وجيزة 168 وسوهاج 2 أقل كفـــاءة وأقـــل إستجابة . وتعتبر اصناف المجموعة الأولى هي المفضلة لمربي النـــبات نظـــرا لقدرتهـــا على الإنتاج العالي سواء تحت ظروف نقص أو زيادة الآزوت (**Abd EL Ghani and Awad 1999**) .

كمـــا كان صنف القمح المصري جميزة 9 أكثر كفاءة فى الإستفادة من الآزوت مـــتفوقاً على الصنف سخا 93 في المحصول تحت مستوي 70 و 120 كجم ن / للفدان ، كما كان هو الأكثر تميزاً تحت مستويات صفر ، 20 ، 40 ، 60 كجم فو 2 أ5 / فدان (**Ahmed, 2008**) .

وإنفـرد صنـف القمـح 343 PBW بأفضـل صفـات مورفولوجية وفسـيولوجية تحـت إجهاد نقص عنصري النيتروجين والفوسفور ، بينما كانت الأصناف UP 2338 , WH 533 حساسة (**Kumar *et al.* , 2003b**) .

وقـد أعطـت أصـناف القمح DSN-48 , A-d –119 , Kanchan محصولاً عالياً تحت ظروف إجهاد الماء والفوسفور مقارنة بالأصناف Ad-78 , DSN-34 , SAN-118 , SAN-92 (**Sultana *et al.*, 2001**).

وكان صنف قمح الخبز العالمي Chinese Spring أكثر كفاءة للنحاس من الصنف Gabo وأظهر هجين الترتيكال كفاءة عالية للنحاس مشابهاً في ذلك للأب (الراي) في دلالة على أن إنتقال الميكانيكيات المتخصصة في إمتصاص النحاس واقعة تحت نظام التحكم الوراثي (**Graham *et al.* , 1981**).

هذا وقد تميزت أصناف القمح Sonalika , Sonora 64 , Fang –60 22– 86 – De Mai , HDW-234 بتحملها العالي لنقص البورون ، في حين كانـت الأصناف BOW / BUT , SERI/ THS , Gleannson, SW-41 , UHU أكثر حساسية لانخفاض مستوي البورون في التربة (**Subedi *et al.*, 1997**) .

ويعتـبر صنف قمح المكرونة Stojocri 2 أكثر تحملا لنقص المنجنيز مـن الصـنف الحسـاس Hazar ،علاوة على ذلك فقد وضح تميز صنفا القمح ADT –56 , Vaishali بجذور دقيقة ومسطح نوعي عالي تحت ظروف نقص الزنك Zn- عن ظروف زيادة العنصر Zn+ (**Kumer *et al.*, 2003a**) .

الشعير Barley

أظهرت تجارب المقارنة لصنفى الشعير Hellas , Kajsa المختلفين في الاحتياجات الأزوتية في محلول مغذي بإمداد أمثل و 10 و 25% من المستوى

الأمــثل ، تفــوق الصـــنف Kajsa الأقــل إحتياجاً للنيتروجين Low – N- requiring بإنتاج مادة جافة أكثر وإستخدام النيتروجين بكفاءة أعلى عن الصنف Hellas تحت جميع مستويات التجريب . وتحت ظروف نقص النيتروجين حدث تثبــيط عالي للتفريع في الصنف Kajsa عن الصنف Hellas وعند المستويات الأعلى حدث تطور للصنف Kajsa ببطء وكان أعلى إنتاجاً للأشطاء من الصنف Hellas **(Perby and Jensen , 1987)** .

وعند غربلة 82 صنف من الشعير لتحمل نقص المنجنيز تحت ظروف التسميد الجيد بدون منجنيز ، وجدت إختلافات صنفية وأظهر 10 أصناف تحملاً عالــياً لإجهــاد نقص المنجنيز قسمت إلى ثلاث مجاميع وراثية تتبع في نسبها سلالات برية إنجليزية **(Sparrow *et al.* , 1983)** .

وعلــى الجانــب الآخــر ، أظهر صنف الشعير الأجنبي **Skiff** درجة متوســطة مــن الــتحمل لنقص عنصر الزنك ، في حين كان الصنف **Forrest** حساساً للعنصر **(Genc *et al.* , 2003)** .

الأرز Rice

تعتــبر أصـــناف الأرز الهندية أعلى كفاءة في معدل إمتصاص النترات ونشـــاط انـــزيم Nitrate reductase عن الأصناف اليابانية ، وعلى ذلك تبدو الأصناف الهندية أكثر قدرة على تحمل محتوي التربة المنخفض من النيتروجين. وقد لوحظ تبايناً في معدل إمتصاص ومحتوي النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالســيوم بين 18 تركيب وراثي من الأرز وبعض السلالات الطفرية وآبائها وتفوقت في هذا بعض السلالات الطفرية **(Alam *et al.* , 1989)** .

وفــي تجــارب تقييم سلالات أبوية وهجنها من الأرز فيما يتعلق بكفاءة إمتصاص النيتروجين PRH6(P6B, PRR 78),PRH10(P5B x PRR 80)

أظهــرت الهجــن PRH_{10}, PRH_6 كفاءة أعلى في إمتصاص النيتروجين عن الآبـــاء، وبلغــت تقديــرات قوة الهجين 30.5 % و 25.2 % والسعة التبادلية الكاتيونية للجذور عند مرحلة نشوء النورات 13.53 و 13.26 سنتيمول / كجم تــربة للهجينيــن ، على الترتيب . وكانت الهجن بصفة عامة أعلى معنويا من الأبوين **(Mondal and Pal , 2003)** .

هــذا وقد تميزت أصناف الأرز Tilakchandan , UPRI-99 – 18 ، Vamni, LiH –98-1 , UPRI –1561-6-3 بالــتحمل لمستويات البوتاسيوم المنخفضـــة (5 كجــم / هكتار) ، بينما كانت الأصناف Saket –4 , UPRI – 1230 – 9-2 Jaya, Babunand, متحملة للمستويات المنخفضة من الزنك ، والأصناف Superbasm , UPR –1840 –31-1 متحملة للمستويات المنخفضة من كل من البوتاسيوم والزنك **(Shukla *et al.* , 2003)** .

وعــند غــربلة 80 ســلالة مــن الأرز لكفـــاءة الحديد ، كان الصنفان IET 7973 , IET 7972 أقــل تحمـــلا لنقص الحديد ، في حين كانت الأصناف Tca 84 , Br 4 , Br 34 متوسطة التحمل **(Singh and Singh , 1984)** .

وكان صنفــا الأرز Padma , Jaya أكثر حساسية لنقص الزنك ، في حين كان الصنف Masuri أكثر تحملاً **(Dangarwala and Patel , 1981)** وأظهرت الأصناف IR 34 , IR 8192 , IR 36 كفاءة للزنك ، في حين كانت الأصناف IR 26 , Erjiufeng , Ce 64-7 عديمة الكفاءة للزنك **(Wang *et al.* , 2004)** .

الذرة الشامية Maize

عند تقييم 10 سلالات و 45 هجين من الذرة الشامية في البرازيل تحت مســتوي كافـــي (120 كجــم ن / هكتار) وغير كاف (10 كجم ن /هكتار) ،

أظهـــرت الســـلالة L2 والهجن L3 x L7 , L1 x L2 , L7 x L10 تميزاً في كفاءة إستخدام النيتروجين والمحصول (Gomes *et al.* , 2002) .

هذا وقد تميزت سلالة الذرة الشامية Oh 43 بكفاءة للكالسيوم ، في حين كانـــت الســـلالة A 251 عديمـــة الكفـــاءة ، وكانت السلالة B57 ذات كفاءة للمنجنيز، في خين افتقدت السلالة Dh 40B إلى القدرة على إنتقال المنجنيز إلى القمة (Clark , 1976) .

وقـــد ســـجل **Brkic** وآخـــرون (2003) إختلافات معنوية في محتوي حـــبوب نسل 28 هجين لدياليل الذرة الشامية بين ثماني آباء متباينة في المنشأ ، من 13.6 – 30.3 مجم / كجم للحديد ، 16.0 – 23.6 للزنك ؛ 0.57 –3.00 للنحاس ؛ 1019 –1466 للماغنسيوم ومن 6.38 – 11.01 مجم / كجم للمنجنيز في الحبوب.

الذرة الرفيعة Sorghum

عـــند تقيـــيم مجموعـــة من جيرمبلازم الذرة الرفيعة لكفاءة إمتصاص الفوسفور بزراعتها في محاليل مغذية ، كان معدل الامتصاص أعلى في النباتات الصـــغيرة عـــن الكبـــيرة وتميزت الأصناف جيدة النمو عند مستوي الفوسفور المـــنخفض بمستويات منخفضة من الفوسفور الممتص مقارنة بالنباتات الضعيفة النامـــية تحـــت نفـــس الظروف ، حيث وجد **Furlani** وآخرون (1982) أن الصنف BB 9040 كان أكثر تحملاً لانخفاض الفوسفور والصنف SC 33-9-8-E-4 كان الأقل تحملاً تحت الامداد المنخفض من الفوسفور.

ولقد أظهر صنف الذرة الرفيعة شندويل 2 كفاءة أعلى في الاستفادة من البوتاسيوم تحت المستوي المنخفض 24 والمتوسط 48 والعالي 72 كجم بو$_2$أ / فدان مقارنة بالصنف دورادو (Abdel Mawly *et al.* , 2005) .

كمـــا تباينت أصناف الذرة الرفيعة في القدرة على البقاء أخضر والنمو والـــتطور تحـــت ظروف نقص الحديد ، حيث وجد **Esty ومساعدوه (1980)** تبايناً في كفاءة الاستفادة من الحديد بين آباء وهجن الجيل الأول وأظهرت الهجن (AT x 378) و (RT x 2536) كفـــاءة أعلـــى فـــي إستخدام الحديد ، وتميز الهجين RT x 7000 بكفاءة أعلى في الاستفادة من الحديد.

وفـــيما بيـــن 46 سلالة من أمريكا و 10 من نيجيريا ، وجد **Yusuf (1981)** أن الأصنـــــاف الأمريكيـــة K55 , SC 33-9-8EA, SC 419 , SD 106, TX 412, Plainsman والأصناف النيجيرية RZ 1, KANOL 1 كانت متحملة لنقص الحديد . كما كان صنف السورجم TX 430 متحملاً لنقص الحديـــــد فـــي حيـــن كـــان الصنـــف IS 2219B حساساً لنقص العنصر **(Mahmoud *et al.* , 2005)** .

الترمس Lupine

أشـــارت تجـــارب تقييم مجموعة من جيرمبلازم الترمس تحت مستوي صفر و 30 كجم نيتروجين للهكتار إلى وجود إختلافات وراثية بين الأصناف ، حيـــث زاد محـــتوي بروتيـــن البذرة في السلالتين Myallie , Kalya ، وزاد محصـــول الـــبذرة فـــي الســـلالتين Tanjil , Belara . كمـــا تميزت السلالة WALAN 2053 بـــالقدرة على الاستفادة من النيتروجين المضاف في صورة زيادة محصول البذور ومحتوي البروتين **(Palta *et al.* , 2002)**.

الحمص Chickpea

تميزت تراكيب الحمص الوراثية BG 372 , BG 256 , BGM 531 بكفـــاءة الاستفادة من الحديد Fe-efficient ، بينما كانت السلالات BG1097,

(Singh *et al.,* Fe-inefficientعديمة الكفاءة Pant G114 , KPG 1168 **2003a)** . وتمـــيزت التراكيـــب ذات الكفـــاءة بارتفـــاع الوزن الجاف للمجموع الخضـــري وتركـــيز الصبغات ومحتوي البروتين الذائب ونشاط إنزيم الكتاليز والبيروكســيديز ومحتوي الفينول الكلي ومحتوي الحديد النشط مقارنة بالتراكيب الأقل كفاءة عند عمر 75 يوم .

الفول السوداني Peanut

تمـــيزت سلالات الفول السوداني , NRCG Acc 7085-1 , GG 5 6919 , 1308 , 3498 , SP 250A بكفـــاءة عالـــية للفوسفور ، حيث أنتجت أعلـــى محصـــول مـــن القـــرون تحت ظروف الحقل والصوبة ،في حين كانت الســـلالات PBS16003 , 1395 , 20012 , 18057, VR I3 عديمة الكفاءة للفوسفور وأنتجت أقل محصول تحت هذه الظروف **(Singh , 2003)** .

وأظهـــرت ســـلالات فرجينـــيا 71-234 , 71-238 قـــدرة عالية على إمتصاص الحديد عن صنف المقارنة Shulamiti **(Hartzook , 1982)**.

فول الصويا Soybean

عند زراعة سلالتا فول الصويا CN 4 , XM 6 و 88 سلالة في الجيل التاســـع تحت ظروف من محتوي الفوسفور متوسط الانخفاض ، تميزت السلالة XM 6 بارتفـــاع كثافـــة الشعيـــرات الجذرية وطول الشعيرات الجذرية لوحدة الجدور مقارنة بالسلالة CN 4 (**Lide *et al.,* 2004**) .

وبالنسبة للبوتاسيوم ، وعند تقييم خمسة أصناف لمحصول البذرة ، أظهر الصـــنف Bragg كفـــاءة أعلـــى في معدلات النمو وإنتاج محصول البذرة عند

المستويات المنخفضة من البوتاسيوم الميسر مقارنة بالأصناف الأخرى (Sale and Campbell , 1987) .

ويعتـــبر الصنف Hawkeye مصدراً وراثياً هاما لمقاومة نقص عنصر الحديد (عن : Singh, 2004) .

السمسم Sesame

تفوق الصنف المحلى توشكي 1 وجيزة 32 على الصنف شندويل 3 في كفـــاءة الاستفادة من العناصر الصغرى ، الحديد والزنك والمنجنيز ، حيث أنتجا أعلـــى محصـــول زيت وبذرة للفدان . وتفوق الصنف جيزة 32 على الصنفين توشـــكي 1 وشندويل 3 في محتوي البذرة من الزيت (Abo El-Wafa and Abd El – Lattief , 2006) .

الباب السادس

السلوك الوراثى لتحمل نقص العناصر
فى المحاصيل الحقلية
Genetic Behaviour of Mineral Deficiency Tolerance in Field Crops

يتبايـــن الســـلوك الوراثي المتحكم في تحمل و / أو مقاومة إجهاد نقص العناصـــر الغذائـــية حسب التركيب الوراثي للسلالات الأبوية الداخلة في عملية التهجين ولقد ذكر **Graham (1984)** أن وراثة تغذية النبات بصفة عامة تبدو صـــفة معقـــدة للعناصر الكبرى وبسيطة نسبياً للعناصر الصغرى ، كما أشارت الـــتقارير البحثـــية إلى أن كفاءة المحاصيل في الاستفادة من العناصر المغذية ، مســـئول عـــنها عديـــد من التأثيرات غير المباشرة للصفات المرتبطة مثل حجم المجموع الجذرى وطول فترة حياة النبات ومعدل نمو وحجم النبات . وتلعب قوة الهجين دوراً ثانوياً في إمتصاص العناصر ونمو وتطور النبات.

وفيما يلي إستعراض للسلوك الوراثي وطبيعة الفعل الجيني المتحكم في وراثة مقاومة المحاصيل الحقلية لإجهاد نقص العناصر الغذائية :

القمح Wheat

العناصر الكبرى : أظهر تحليل دياليل القمح في الجيل الأول F_1 والثاني F_2 بين 10 أصناف متباينة في تركيبها الوراثي ومنشأها الجغرافي ، مع إستبعاد الهجن العكسية والتي أجراها **Sastry and Dhayal (2003)** أهمية كل من الفعل الجيني المضيف وغير المضيف مع دور أكبر للفعل المضيف للجينات في

وراثـــة كفـــاءة إمتصـــاص العناصر المغذية الكبرى من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم . وقـــد أظهرت الأصناف Job 666, K-64, Rajasthan قدرة إئتلافـــيه عامـــة لكفـــاءة إمتصـــاص العناصر تحت الدراسة . في حين أوضح **Barriga and Proschle (1996)** ســـيادة الفعـــل الجيني غير المضيف في وراثة كفاءة الاستفادة من الفوسفور في القمح .

ولقد كان معامل التوريث والتحسين الوراثي المتوقع بالانتخاب عالياً لعدد الأيام من الزراعة حتى طرد السنابل ، ومنخفضاً لصفات الإنتاج الكلي من المادة الجافـــة / نـــبات وارتفاع النبات ، عدد الأشطاء الكلي / نبات ومحصول حبوب النبات تحت إجهاد الفوسفور وإجهاد الرطوبة (**Sultana *et al.*, 2001**) .

وتقع الجينات المتحكمة في تمثيل النيتروجين من التربة والأسمدة على الكروسومات 4BS , 5AS , 6BL في الصنف Saratovskaya والكروموسوم 6BL في الصنـــف Diamant (**Gamzikova and Maistrenko, 1991**).

العناصـــر الكـــبرى والصغرى : ويتحكم الفعل الجيني المضيف في وراثة كفاءة إمتصاص وتراكم عناصر الفوسفور والبوتاسيوم والماغنسيوم والنحاس والبورون والـــزنك والمنجنـــيز والألومنيوم والحديد ، بمعامل توريث مرتفع ، وقد أظهر البوتاسيوم توريثاً أكثر تعقيداً (**Gorsaline *et al.* , 1964**) . ويتحكم الجين *Ku* فـــي كفـــاءة إمتصـــاص أصناف القمح للبوتاسيوم تحت ظروف الأراضي الصودية (عن : **Singh , 2004**) .

وقد ورثت كفاءة أصناف قمح المكرونة في الاستفادة من المنجنيز كصفة بســـيطة وراثـــياً (**Graham , 1988 and McCarthy , 1988**) . ويتحكم الفعـــل الجيني المضيف في وراثة كفاءة الاستفادة من العنصر ، مع وجود إثنين مـــن الجيـــنات على الأقل تحكم وراثة الصفة في الهجين Stojocriz / Hazar (**Khabaz –Saberi *et al.*, 1999**) ، وحصـــل الباحث ومعاونوه في دراسة

مـــتقدمة عام (2002) على تقدير مرتفع لمعامل التوريث بالمعني العام (78%) لكفاءة الاستفادة من المنجنيز.

ويـــتحكم الفعـــل الجيني المضيف في وراثة التحمل لنقص البورون مع تقديـــرات مرتفعة لمعامل التوريث في إثنين من الهجن بين آباء متباينة ، إثنان مـــتحملة وإثنان حساسة تحت ظروف نقص البورون في بيئة رملية ، فى دلالة على جدوى الانتخاب المباشر لتحمل نقص البورون (**Jamjod *et al.* ,1992**).

الشعير Barley

العناصـــر الكبرى : قام **Gorny** بعدد من الدراسات الهامة لتبيان طبيعة الفعل الجيني المتحكم في وراثة كفاءة الاستفادة من العناصر الغذائية في الشعير، حيـــث أوضـــح فـــي دراسته عام (1999) أهمية تأثيرات كل من الفعل الجيني المضيف وغير المضيف في وراثة كفاءة الاستفادة من النيتروجين والفوسفور في مرحلة البلعمة.

ولقد دلل **Gorny** عـــام (2000) على مجموعة من دياليل الشعير تحت مســـتويين أحدهما عالي والأخر منخفض من النيتروجين والفوسفور في مزارع Sand – Vermiculite علـــى أهمـــية كل من تأثيرات القدرة العامة والخاصة علـــى الائتلاف في وراثة الطول الكلي والوزن الجاف للجذور عند مرحلة النمو الخضـــري . وكانـــت تأثيرات الفعل الجيني غير المضيف والتفوق هي الأكثر أهمـــية فـــي وراثة الوزن الجاف للجذور مع تقديرات منخفضة لمعامل التوريث تحت ظروف الإجهاد ، في حين كان تأثير الفعل الجيني المضيف هو الغالب في وراثة طول الجذر وكفاءة إمتصاص الجذور . وتباينت تقديرات معامل التوريث فـــي المعني الخاص من 18–62% لصفات الجذور تحت ظروف نقص التغذية،

فـــي إشـــارة إلى إمكانية تحسين قدرة جذور نباتات الشعير على تحمل ظروف التغذية الأقل ملاءمة عن طريق الانتخاب.

وإستكمل **Gorny and Sodkiewicz (2001)** الدراسة على تجربتي ديالليل (5 x 5) و (6 x 6) ، حيث إتضح سيادة تأثيرات القدرة العامة على الائتلاف وأهمية الفعل الجيني المضيف في وراثة كفاءة الاستفادة من النيتروجين والفوســفور ، وتراوحــت تقديــرات معامل التوريث في المعني الخاص تحت الظـــروف المثلـــي (مـــن 33 إلـــى 88 %) فـــي حين إتجهت إلى الانخفاض (صفر إلى 36%) تحت ظروف نقص العناصر والإجهاد الرطوبى .

جدول (2 - 19) : معامل التوريث فى المعنى الخاص لنسبة كفاءة النيتروجين (NER) والفوســفور (PER) ودلائــل كفاءة الاستفادة للنيتروجين (NUE) والفوسفور (PUE) فى الشعير ، تحت ظروف التجريب الحقلى .

PUE	NUE	PER	NER	المعاملة	التجارب
0.775	0.598	0.810	0.328	Control	**Exp.1**
0.258	0.299	0.036	0.000	Low NPK	
0.233	0.129	0.172	0.092	Drought	
0.539	0.568	0.399	0.222	Moderate NPK	**Exp.2**
0.078	0.061	0.000	0.364	Low NPK	

(عن : **Gorny & Sodkiewicz, 2001**).

العناصـــر الصـــغرى : وجد أن تحمل نباتات الشعير لنقص الزنك صفة بسيطة يتحكم فيها جين فردي ، حيث أشارت نسب الانعزال في الجيل الثاني للهجين بين الصـــنف Skiff المتحمل لنقص الزنك والصنف Forrest الحساس إلى انطباقها على النسبة 1 : 2 : 1 ، في إشارة إلى أن تحمل نقص الزنك يحكمه جين فردي

مــع عــدم وجود سيادة ، وتمشى ذلك مع نتائج التحليل الوراثي لعائلات الجيل الثالث (Genc *et al.* , 2003) .

وقد أمكن تحديد موقع وراثي رئيسي يحكم كفاءة الاستفادة من المنجنيز على الكروموسوم 4 HS في الشعير (Khabaz – Saberi *et al.* , 2002)، مــع إحتمال وجود مواقع أخرى مسئولة عن كفاءة أصناف الشعير الأخرى في الاستفادة من العنصر (Pallotta *et al.* , 2000) .

وجــد جيــن فــردي متــنحى يتحكم في عدم قدرة نباتات الشعير على إمتصاص الماغنسيوم (عن : Singh , 2004) .

الأرز Rice

العناصر الكبرى : أظهرت نتائج السلوك الوراثي لهجن الجيل الأول F1 بين ستة أصــناف مــن الأرز ، وجود قوة هجين لكفاءة إمتصاص عنصرى النيتروجين والبوتاسيوم (Ichii and Nakamura , 1990) .

تعتبر المقدرة على التشطئ تحت ظروف نقص الفوسفور معياراً إنتخابياً للحكم على تحمل أو عدم تحمل نقص العنصر ، ويتحكم الفعل الجيني المضيف والســيادي في وراثة القدرة على تحمل نقص الفوسفور ، وقد أظهرت الأصناف الأبويــة Mahsuri, IR 20, IR 54 قــدرة عامة جيدة على الائتلاف وتميزت الأصناف الأبوية من أرز الأراضي المنخفضة Mahsuri,IR 20,IR 28,IR 54 بجينات متنحية لكفاءة الفوسفور (Chaubey *et al.*, 1994) .

العناصــر الكبرى والصغرى : أشار تحليل الدياليل بين سبعة أصناف من الأرز زرعت تحت ظروف الأراضي المرتفعة والتي تعاني من نقص عنصر الفوسفور إلــى أهمــية التأثــير المضــيف للجينات مع بعض تأثيرات السيادة في وراثة

إمتصاص عناصر الكالسيوم والماغنسيوم والحديد والمنجنيز والزنك ،وقد سجلت قوة هجين لكفاءة الاستفادة من هذه العناصر (**Majumdar *et al.*, 1990**) .

إتضــــح أهمـــية الفعــل الجيني المضيف مع وجود تأثيرات أمية مضيفة وســـيادية في وراثة محتوى حبوب الأرز من الفوسفور ، وكان المكافئ الوراثي فـــي المعنـــي الخاص متوسطاً لمحتوي الفوسفور وعالياً لمحتوي كل من الحديد والزنك والمنجنيز في الحبوب(**Zhang *et al.* ,2004a**) .

وفي تجارب معهد بحوث الأرز الدولى ، للهجن بين أصناف متباينة في تحملهـــا لإجهـــاد الزنك ، كان توزيع نباتات الجيل الثاني يتبع التوزيع الطبيعي وسلكت صفة التحمل لإجهاد نقص الزنك سلوك الصفات السائدة بمعامل توريث مرتفع (68%) في الهجين IR 20 x E 425 و (48 %) في الهجين IR 30 x E 425 (**Mahdevappa *et al.*, 1981**) .

وفـــي ديالـــيل الأرز لخمســـة عشـــر هجيـــن بين ثلاثة أصناف كفء Efficient وثلاثـــة أصناف عديمة الكفاءة Inefficient لدراسة وراثة الصفات المرتـــبطة بكفـــاءة الاستفادة من الزنك تحت ظروف المحاليل المغذية ، أوضح **Wang ومســـاعدوه** (2004) معنوية التأثير السيادي لصفات ، المحتوى الكلي مـــن المـــادة الجافـــة للنبات ، الوزن الجاف للمجموع الخضري (السيقان) ، والوزن الجاف للجذور وعدد الأوراق ، وإرتفاع النبات وطول الجذر ، بنسبة > 65 % مـــن التبايـــن الكلي . وكان التباين الراجع إلى التأثير المضيف للجينات للصفات فيما عدا طول الجذر معنوياً ، بنسبة 21% ، وكان تأثير التفوق لطول الجـــذر معنويا بنسبة 48% من التباين الكلي . وظهر أن الأهمية النسبية لطول الجـــذر عـــند المستوي المنخفض إلى العالي من الزنك يحكمه جينات ذات تأثير ســـيادي ومضـــيف ، في حين كانت الأهمية النسبية لعدد الأوراق وطول النبات والوزن الجاف لبادرات الأرزمحكومة بتأثيرات الفعل الجيني المضيف.

الراي Rye

العناصر الكبرى : وجد أن كفاءة إمتصاص والإستفادة من عنصر الفوسفور في الـــراي يـــتحكم فـــيه جيـــنات على 3 كروموسومات مختلفة من جينوم الراي (عن : Singh , 2004) .

العناصر الصغرى : وجد أن مقاومة نقص عنصر الزنك في الاجناس القريبة من القمح مثل الراى Secale والاجروبيرون *Haynaldia villosa , Agropyron intermedium* من الصفات متعددة الجينات Multigenic character. ويتحكم فـــي كفاءة الاستفادة من النحاس جينات واقعة على الذراع الطويل للكروموسوم 5R ومرتبطة مع صفة الغمد الشعرى (Hp) (**Kokurin** ***et al.*****, 1990**) .

الذرة الشامية Maize

العناصـــر الكـــبرى : أشارت نتائج التحليل الوراثي لدياليل الذرة الشامية بين 7 ســـلالات نقية لـــ **El–Kalla** وآخرون (**2001**) إلى أهمية تباين القدرة العامة علـــى الائـــتلاف في وراثة دليل التحمل لنقص النيتروجين ، في حين كان تباين القـــدرة الخاصـــة علـــى الائتلاف هو الأكثر أهمية في وراثة محصول الحبوب ومعـــدل الاســـتجابة للنيتروجيـــن وكفـــاءة إستخدام النيتروجين تحت المستوى المنخفض (30 كجم ن / فدان) والمرتفع (120 كجم ن / فدان) . ولقد إتضح أهمـــية الفعـــل الجينـــي السيادى في وراثة جميع الصفات المدروسة ، عدا دليل التحمل لنقص النيتروجين ومعدل الاستجابة للنيتروجين ، حيث يحكمهما تأثيرات الفعل الجيني المضيف ويشير ذلك إلى أهمية الانتخاب لتحسين هاتين الصفتين.

بلغـــت تقديرات كفاءة التوريث لصفتى البقاء أخضر وتركيز الكلوروفيل 60% و 66.5% ، علـــى الترتيـــب تحـــت مســـتوى النيتروجيـــن المنخفض

(30 كجم ن / فـدان) فـي حيـن بلغـت 40 % و37.5 % تحت مستوي النيتروجين العالي (120 كجم ن / فدان) (**Radwan *et al.* , 2001**).

يتحكم في وراثة كفاءة أصناف الذرة الشامية في الاستفادة من الفوسفور جينات على الكروموسوم رقم 9 (عن : **Singh , 2004**).

ويغلب الفعل الجيني المضيف على وراثة كفاءة إستفادة بادرات الذرة من الفوسـفور والنامية تحت ظروف محلول مغذي منخفض في محتواه من العنصر (**Furlani *et al.* , 1998**).

العناصـر الصـغرى : يوجـد إثنان أو ثلاثة من الجينات تتحكم فى القدرة على تجميع الكالسيوم والمنجنيز فى الذرة الشامية (**Gorsoline *et al.* , 1968**) .

سُجلت تقديرات عالية لمعامل التوريث لمحتوي جبوب الذرة الشامية من النحاس والمنجنيز والزنك (**Brkic *et al.* , 2004**) .

يحكـم كفـاءة إسـتفادة نباتات الذرة الشامية من عنصر الحديد Iron-efficiency جين فردي رئيسي مع وجود عدد من الجينات الصغرى التي تؤثر علـى الصـفة ، فـي حين يتحكم في عدم الكفاءة للحديد Iron-inefficiency جينات فردية متنحية (عن:**Singh , 2004**) .

كانـت تأثـيرات القـدرة العامة على الائتلاف معنوية وأكثر أهمية من تأثيرات القدرة الخاصة على الائتلاف في وراثة محتوي حبوب الذرة الشامية من الحديد والزنك (**Long *et al.* , 2004**) .

الذرة الرفيعة Sorghum

العناصـر الكبرى : إتضح معنوية كل من الفعل المضيف والسيادى للجينات في تجميع وكفاءة الاستفادة من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في الذرة الرفيعة (**Gorz *et al.*, 1987**) .

أظهـرت نـتائج التحلـيل الوراثي لدياليل الجيل الأول والثاني والهجن العكسـية لــ 6 سـلالات طفـرية من الذرة الرفيعة ، أن كفاءة الاستفادة من الفوسفور تحت المستوي المنخفض من العنصر (الإجهاد) صفة وراثية يتحكم في وراثتها جين فردي سائد جزئياً (Spivakov , 1990) ، كما وجدت قوة هجين في صالح الاستفادة من الفوسفور متمثلة في الإنتاج العالي من المادة الجافة تحت ظروف نقص الفوسفور (Furlani *et al.* , 1987) .

العناصـر الصغرى : أظهرت الدراسات الوراثية ، أن كفاءة الاستفادة من الحديد Fe – efficient صـفة وراثـية سائدة أو فائقة السيادة ، وقد سجلت قوة هجين موجـبة ومعـنوية لكفاءة الاستفادة وأن هناك إمكانية لتحسين قدرة نباتات الذرة الرفـيعة علـى تحمل المستوى المنخفض من الحديد في التربة (Esty *et al.*, 1980 and Clark ,1982a) .

فول الصويا Soybean

العناصـر الكـبرى : بتقيـيم 88 سلالة في الجيل التاسع ناتجة من التهجين بين الصنف CN4 التابع لـ*Glycine max* والصنف M6 التابع لـ *G.soja* تحت مستوي متوسط الانخفاض من الفوسفور الميسر ، تبعت صفات كثافة الشعيرات الجذرية ، طول الشعيرات الجذرية وطول الشعيرات الجذرية لوحدة الجذور في سـلوكها الـتوزيع الطبيعي ، في إشارة إلى التوريث الكمي بتقديرات منخفضة لمعـامل التوريـث لكثافة الشعيرات الجذرية ، بلغت 27.32 % ، 31.04% ، 33.97% للجـذور القاعديـة والجذر الأصلي (الوتدي) والجذور الكلية ، على الترتيب . في حين كانت تقديرات معامل التوريث أعلى لصفات طول الشعيرات الجذريـة للجـذور القاعديـة ، والجذر الأصلي والجذور الكلية بقيم 53.85 ،

59.18 ، 60.98 % ، علـــى الترتيـــب ، كما تأثرت بالبيئة (**Lide *et al.* , 2004)** .

وعـــند تقيـــيم ديالـــيل فول الصويا بين أصناف متحملة وأخرى حساسة للفوسفات ، وجد زوج من الآليلات عند موقع وراثي واحد سمي *Np , np* يحكم وراثة كفاءة الاستفادة .. وتبدي النباتات ذات التركيب الوراثي *Np Np* حساسية أقـــل لمســـتويات الفوسفات العالية ، بينما تكون النباتات ذات التركيب الوراثي *np np* أكثر حساسية والخليطة *Np np* وسطاً **(Bernard and Howell , 1964)** .

أمكـــن تعيين خمسة جينات *GmNRT5* .... ، *GmNRT1* في الصنف Williams تلعـــب دوراً حيوياً في إمتصاص وتمثيل النترات ، وتُعبر الجينات *GmNRT 1-3* فـــي الجذور والأوراق ، بينما تُعبر الجينات *GmNRT 1-2* عند تطور الجذور في وجود الأمونيوم كمصدر للنيتروجيـــن (**Yokoyama *et al.*, 2001)** .

العناصـــر الصغرى : أوضحت الدراسات الوراثية أن مقاومة نباتات فول الصويا لنقص عنصر الزنك يتحكم في وراثتها عديد من الجينات **(Hartwig *et al.* , 1991)**.

توجـــد جيـــنات محورة مسئولة عن الإصفرار الناتج عن نقص عنصر الحديد **(Cianzio and Fehr , 1982)** ، ويوجد جين سائد *Fe* يحكم الاستفادة من الحديد وأن السلالات الأصلية للاليل المتنحي *fe* تظهر عليها أعراض نقص الحديد **(Kokurin *et al.* , 1990)** .

أظهـــر التحلـــيل الوراثـــي لعشائر الجيل الثاني والجيل الثالث من فول الصويا تحت الظروف الحقلية ، وجود إثنين من الجينات Digenic تحكم وراثة

الـــتحمل لـــنقص عنصر المنجنيز ، مع تقديرات منخفضة لمعامل التوريث في المعني الخاص **(Graham *et al.* , 1995)**.

زهرة الشمس Sunflower

عند إجراء التحليل الوراثي لتحمل نقص الماغنسيوم والكالسيوم بتهجين السلالة CMSHA 290 , RHA 274 المتباينة في الاستجابة للنسبة المنخفضة مـــن Ca/Mg في محلول مغذي ، وتقييم الجيل الأول والثاني والهجن الرجعية تحـــت إجهاد الكالسيوم . أشارت النتائج أن الموديل الوراثي البسيط المضيف – الســـيادي هـــو الملائم لتفسير الاختلافات في التحمل مع سيادة التأثيرات الجينية المضـــيفة وكانـــت تقديـــرات معامل التوريث في المعني الخاص عالية للصفة وتراوحت من 74-82.7% **(Alcantara and Guardia , 1987)** .

الباب السابع

استراتيجية التربية لتحمل نقص العناصر الغذائية والمحصول

Breeding Strategy for Nutrient Elements Deficiency Tolerance and Yield

يعتبر إستنباط أصناف من المحاصيل الحقلية أقدر على تحمل إجهاد نقص العناصر الغذائية ، تعطى مستويات محصول مرضية ، من الأهداف الهامة التى يسعى إليها مربى النبات فى برامج التربية .

وتجدر الإشارة إلى أهمية الانتخاب للصفات النباتية المرتبطة بكفاءة أصناف المحاصيل في تحمل نقص العناصر تحت ظروف من نقص محتوى التربة من هذه العناصر ، في حين يجرى الانتخاب للصفات المحصولية تحت الظروف الجيدة.

العلاقة بين العناصر الغذائية والمحصول

Relationship between nutrient elements and crop production

توجد إختلافات وراثية بين الأصناف في القدرة على إمتصاص وتجميع والاستفادة من العناصر الغذائية ، ومن ثم إنتاج محصول اقتصادي . ويعتبر وجود تلازم بين محتوي العناصر الغذائية والمحصول مهماً في تطوير أصناف من المحاصيل الحقلية عالية الإنتاجية . وتوجد عديد من الميكانيكيات والعمليات التي تسهم في كفاءة إستخدام العناصر منها :

1- التوزيع الفراغي والهندسي للجذور

2- درجة ذوبان العناصر في بيئة الجذور.

3- القــدرة العالــية علـــى إمتصاص العنصر من التركيزات المنخفضة له في محلول التربة.

4- تجزئ العناصر في النبات.

5- كفاءة الاستفادة أو الاحتياج الوظيفي المنخفض من العنصر .

ولقــد نــوه **Gupta** عام **(2000)** عن وجود ثلاث مشاريع بحثية على الأقــل تهــدف إلى تطوير كفاءة أصناف المحاصيل لامتصاص العناصر حققت نجاح على النطاق التجاري هي :

1- إنتاج أصناف من القمح كثيفة في محتوي الزنك Dense zinc لتحسين حالة العنصـــر بالنــبات في الأراضي الفقيرة في الزنك ، وتزرع هذه الأصناف حالياً في أستراليا .

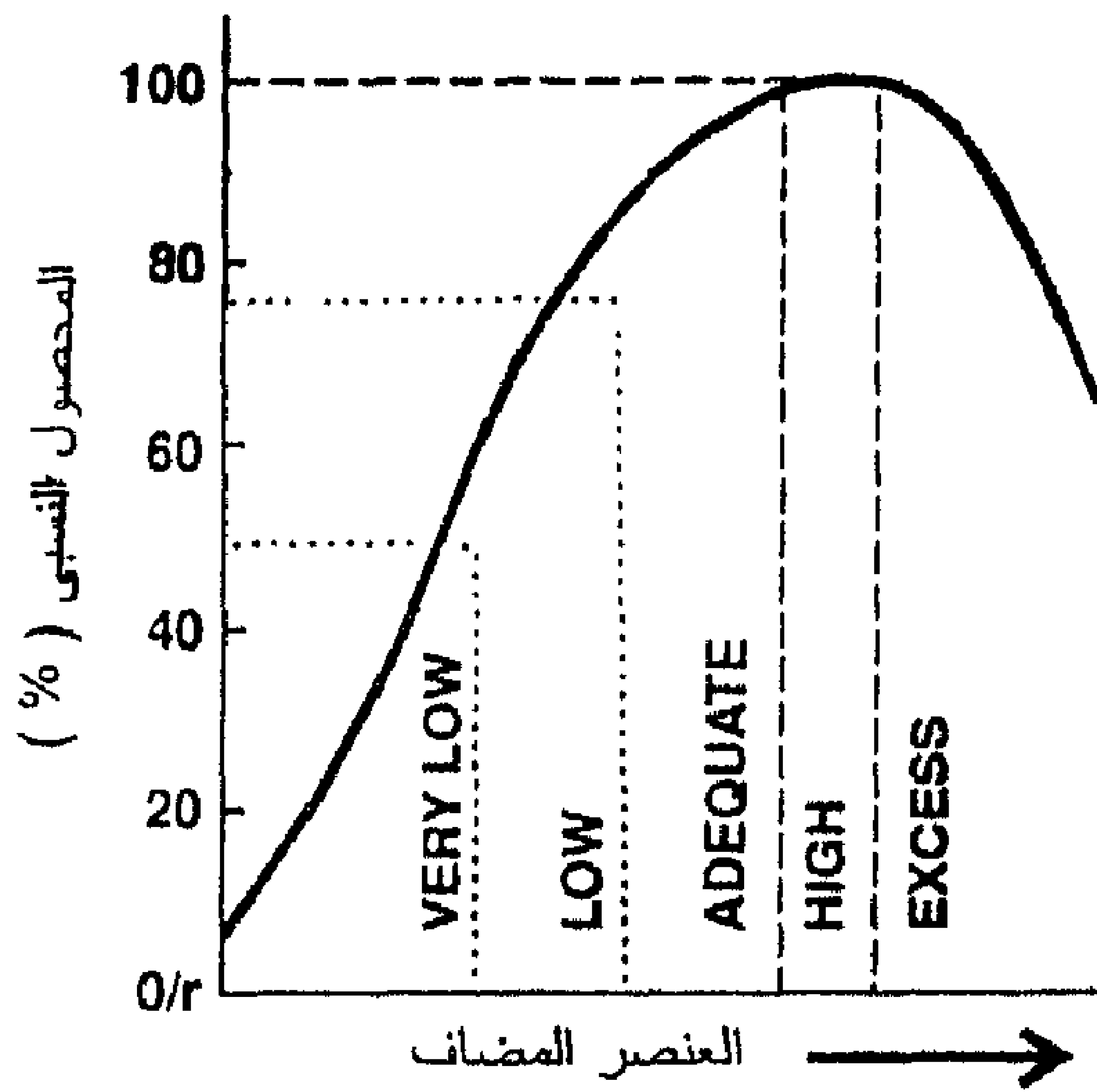
2- إنـــتاج أصناف من قمح المكرونة منخفضة في محتواها من الكادميوم لتلائم مقاييس الجودة التسويقية العالمية.

3- إنـــتاج أصناف من فول الصويا ذات كفاءة في الاستفادة من عنصر الحديد للتغلب على مشاكل الأراضي الفقيرة في العنصر في أمريكا.

ويعـــتمد تصـــحيح أعراض النقص على تحليل التربة كطريقة للتوصيه باســتخدام الأســمدة مــن عدمـــه ، على وجود علاقة دالية بين كمية العنصر المســتخلص من التربة بالطرق الكيميائية وكمية المحصول . فعندما يشير تحليل التربة إلى وجود نقص في مستويات عنصر معين ، فأنه من المتوقع ، أن تؤدي إضافة هذا العنصر إلى زيادة في كمية المحصول.

ويوضـــح شـــكل (2 – 5) العلاقـــة الـــنظرية بيـــن إضافة العنصر والمحصول النسبي والذى يمكن حسابه من المعادلة الأتية :

$$\text{Relative yield (\%)} = \frac{\text{Yield of control or untreated plot}}{\text{Maximum yield of treated plot}} * 100$$



شكل (2 – 5) : العلاقة النظرية بين العنصر الغذائي المضاف والمحصول النسبي

ولقد قُسم تحليل العنصر إعتباطياً إلى منخفض جداً ، ومنخفض ومناسب، وعالـي ، وزائـد . **وتحت مستوي العنصر المنخفض جداً** ، يكون من المتوقع إنخفـاض المحصول النسبي لأقل من 50% ، ومن ثم فإن الإضافة الكبيرة من السماد بقصد تحسين التربة تعتبر ضرورية .

بعد إضافة العنصر ، يتوقع أن تكون إستجابة النمو واضحـة ومفيـدة. **وتحـت مسـتوي الخصـوبة المـنخفض** ، فإنه من المتوقع أن ينحصر مدى المحصـول النسـبي بيـن 50 - 75% . وفي هذه الحالة فإن الإضافة السنوية للسـماد تكـون مطلوبة لإعطاء أقصى إستجابة وتحسين خصوبة التربة ، حيث تُبرر الزيادة في المحصول تكلفة السماد المضاف .

وعـندما يشير تحليل التربة إلى **المستوي المناسب Adequate level للعنصر** ، فإنه يتوقع أن يكون مدى المحصول النسبي بين 75-100 % ، وعلى ذلك يمكن التوصيه بالإضافة السنوية العادية لإنتاج أقصى محصول . وفي هذه

الحالـــة فـــإن الإضافات الأكثر من السماد ربما تُزيد المحصول بدرجة بسيطة ، غير أن المحصول الإضافي لا يوازى تكلفة السماد المضاف.

وتحـــت **المستوي العالي من العنصر** ، لا تحدث زيادة في المحصول ، ففـــي هـــذه الحالة تكون الإضافات القليلة من العنصر ضرورية للمحافظة على مستوي خصوبة التربة ، وتضاعف الكمية وتضاف بالتعاقب في السنوات التالية.

وعـــندما يشير تحليل التربة إلي **وجود مستويات عالية جداً وزائدة من العنصـــر** ، فإنه ربما ينخفض المحصول نتيجة سمية أو عدم توازن العناصر . وفي هذه الحالة ليست هناك ضرورة لإضافة العنصر إلى أن يتراجع مستواه إلى المســـتوي المنخفض . وفى الأحوال المختلفة يكون من الضرورى عمل تجارب تســـميد لأصـــناف المحاصـــيل فـــي عديد من المواقع تحت الظروف الزراعية والمناخية للمناطق المختلفة المزمع زراعة هذه الأصناف بها .

الدراسات التجريبية المتعلقة بكفاءة أصناف المحاصيل فى الاستفادة من العناصر الغذائية

Experimental studies related to efficiency of crop cultivars to response of nutrient elements

لقـــد أجريـــت عديـــد مـــن الدراسات لتبيان الفروق فى كفاءة أصناف المحاصيل فى الإستفادة من العناصر الغذائية المتاحة سواء الكبرى أو الصغرى وأثر ذلك على المنتج المحصولي . ولما كان عنصر النيتروجين ، يعتبر من أهم العناصر الغذائية المحددة لزراعة وإنتاجية القمح في العالم ، حيث يجب أن نعلم أن كل 1 طن متري من حبوب القمح يحتوى على 21 كجم نيتروجين و 4 كجم فوســـفور و 4 كجـــم بوتاسيوم. وإستناداً إلى ذلك ، فقد قام **عبد الغني وعوض (1999)** تحـــت الظروف المصرية بتقييم إستجابة إثنا عشر تركيب وراثي من

القمح منها 2 سلالة محلية و7 أصناف محلية من قمح الخبز و3 تراكيب وراثية من قمح الديورم في منطقة البستان جنوب التحرير. حيث تتسم هذه المنطقة بالنقص الواضح في محتوي التربة من العناصر الغذائية الهامة. وأستخدم مستويين من التسميد الآزوتي 70 و 240 كجم نيتروجين / هكتار حيث أمكن تقسيم التراكيب الوراثية إلى أربعة مجاميع بناء على دليل الاستجابة لمحصول الحبوب.

$$\text{Grain yield response index (GYRI)} = \frac{\text{Yield under high N- Yield under low N}}{\text{High N} - \text{Low N}}$$

طبقاً لـ **Fageria and Barbosa Filho (1981)** إلى الأقسام الآتية (شكل 2 – 6) :

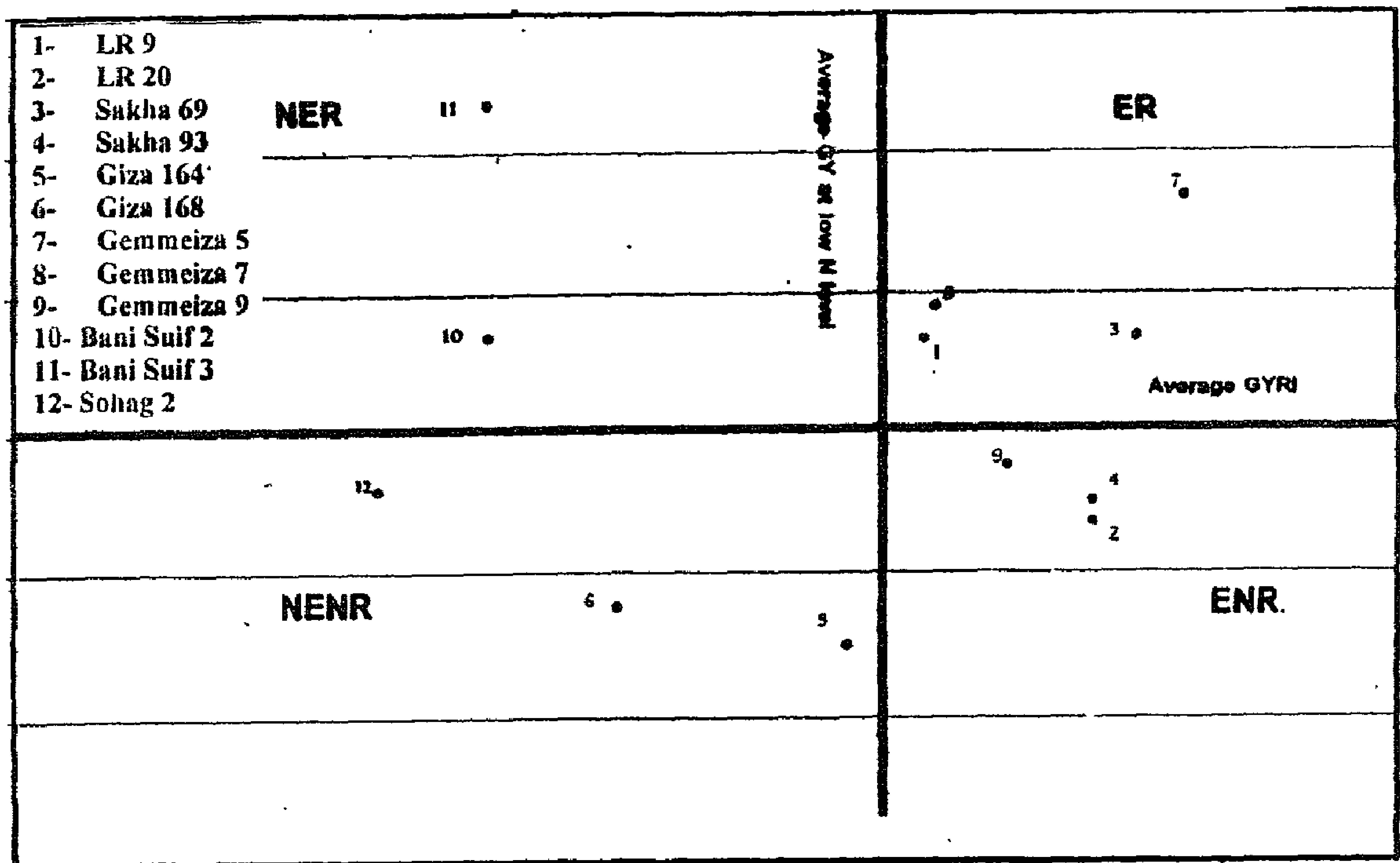
1- أصناف أكثر كفاءة وإستجابة ،مثل LR 9 وسخا 69 وجميزة 5 وجميزة 7 .

2- أصناف أكثر كفاءة وعديمة الاستجابة ، مثل LR 20 وسخا 93 وجميزة 9 .

3- أصناف أقل كفاءة وأكثر إستجابة ،مثل الصنف بني سويف 2 وبني سويف 3

4- أصناف أقل كفاءة وإستجابة ، مثل جيزة 164 وجيزة 168 وسوهاج 2 .

وتعتبر التراكيب الوراثية الأكثر كفاءة وإستجابة هي المفضلة لمربي النبات لقدرتها على الإنتاج العالي سواء تحت ظروف المدخلات الأقل أو الأعلى من النيتروجين.



شـكل (2 – 6): طريقة غربلة تراكيب القمح الوراثية لإجهاد النيتروجين تحت ظروف الأراضي المستصلحة حديثاً بمنطقة البستان خلال موسمي التجريب 97 / 1998 ، 98 / 1999 (عن : عبد الغني وعوض ، 1999)

تشير ER : إلى أن الصنف أكثر كفاءة وإستجابة .

ENR : الصنف أكثر كفاءة وعديم الاستجابة.

NER : الصنف أقل كفاءة وأكثر إستجابة.

NENR : الصنف أقل كفاءة وإستجابة.

وفـــي الـــذرة الشـــامية ، أمكن تقييم مجموعة من الهجن التجريبية بين السلالات المستنبطة حديثاً بالإضافة إلى الهجن الفردية المنزرعة ؛ 10 و 122 و 124 و 129 والهجيـــن الثلاثي 321 والصنف التركيبي جيزة 2 تحت ثلاث مستويات من التسميد الأزوتي 30 , 60 , 120 كجم ن / فدان . وقد أمكن تقسيم الهجـــن إلـــى أربعة مجاميع حسب تحملها لإجهاد نقص النيتروجين والاستجابة للنيتروجين المضاف (رضوان وآخرون 2001) على النحو التالي :

1- هجن عالية التحمل عالية الاستجابة High tolerance – High response group : والتي سجلت قيم متوسط محصول حبوب أعلى من المتوسط العام عند مستوي النيتروجين المنخفض والعالي .

2- هجن عالية التحمل منخفضة الاستجابة High tolerance–Low response group : والتـــي تعطـــي متوسطات محصول أعلى من المتوسط العام عند المســـتوي المـــنخفض من النيتروجين ، وتكون أقل من المتوسط العام عند المستوي العالي من النيتروجين.

3- هجن منخفضة التحمل عالية الاستجابة Low tolerance–high response group : والتـــي تســـجل متوسطات محصول أقل من المتوسط العام تحت المســـتوى المنخفض من النيتروجين ، وتكون أعلى من المتوسط العام تحت المستوي العالي من النيتروجين.

4-هجن منخفضة التحمل منخفضة الاستجابة Low tolerance-low response group : والتـــي تعطـــي متوسطات محصول أقل من المتوسط العام تحت المستوي المنخفض والعالي من النيتروجين.

ولقـــد أجريـــت تجارب حقلية بمركز بحوث الأرز والبقول في البرازيل بهدف دراسة كفاءة إستخدام عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في 13 تركيـــب وراثـــي مـــن أرز المـــناطق المرتفعة وقدرت كفاءة إستخدام العناصر

بالمعادلات سالفة الذكر ، حيث أمكن الحصول على النتائج الآتية (جدول2-20) **(Graham , 1984 ; Lauchli , 1987 and Fageria *et al.*, 1997)**

1- إختلفت كفاءة إستخدام العناصر من تركيب وراثي إلى آخر .

2- كانــت الكفاءة الفسيولوجية أكبر من الكفاءة المحصولية لكلٍ من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم.

3- كانــت الكفــاءة الفســيولوجية للفوســفور والنيتروجيــن أكبر من الكفاءة الفسيولوجية للبوتاسيوم.

4- كانت الكفاءة المحصولية للفوسفور والبوتاسيوم أكبر من الكفاءة المحصولية للنيتروجين.

5- كانت الكفاءة الأجروفسيولوجية للفوسفور أكبر من الكفاءة الأجروفسيولوجية للنيتروجين والبوتاسيوم.

6- كانــت كفاءة الاسترجاع الظاهري للبوتاسيوم والنيتروجين أكبر من كفاءة الاســترجاع الظاهــري للفوسفور ، حيث كانت 70% للبوتاسيوم و39 % للنيتروجيــن فــي حيــن كانت 14 % فقط للفوسفور . وبالتالي فإن كفاءة الاستخدام للفوسفور أعلى من النيتروجين والبوتاسيوم . وقد لوحظ أن كفاءة الاسترجاع الظاهري للبوتاسيوم وصلت في بعض الأصناف لأكثر من 100% .وهــذا يرجع لزيادة فاعلية البوتاسيوم الموجود أصلاً بالتربة **(Graham , 1984 and Lauchli , 1987)** .

وتحــت ظروف الأراضي الجيرية ، وإستناداً إلى قيم الارتباط الموجب والمعــنوي بيــن محصول بذور الحمص وكل من الحديد النشط والوزن الجاف للمجمــوع الخضــري ومحــتوي الكلوروفيل والبروتين الذائب إستخدم **Singh** ومســاعدوه(**2003a**) تلــك الصفات كمعايير للتفريق بين أصناف الحمص ذات الكفاءة والأخرى عديمة الكفاءة لعنصر الحديد.

جدول (2 – 20) : كفاءة إستخدام النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في تراكيب وراثية من أرز الأراضي المرتفعة.

التراكيب الوراثية	الكفاءة المحصولية (كجم / كجم)	الكفاءة الفسيولوجية (كجم / كجم)	الكفاءة الفسيولوجية المحصولية (كجم / كجم)	كفاءة الاسترجاع الظاهرية (%)	كفاءة الاستخدام (كجم / كجم)
			النيتروجين		
CNA6187	11.1	108.0	33.6	24.4	26.3
CNA7127	13.4	67.4	30.9	40.6	27.4
CNA7645	12.6	71.4	28.8	27.0	19.3
CNA6724-1	11.4	44.9	30.0	55.0	24.7
CNA7911	9.0	439.3	44.5	12.0	52.7
CNA7864	8.1	89.1	95.0	16.2	14.4
CNA7875	10.0	70.2	29.0	34.4	24.1
CNA7690	14.9	55.2	46.4	31.6	17.4
Rio Paranaiba	22.8	41.4	41.0	53.8	22.3
CNA6843-1	22.3	88.3	36.4	60.7	53.6
CNA6975-2	10.9	152.9	26.2	50.7	77.5
CNA7460	10.3	87.3	44.2	45.5	39.7
L141	16.9	55.8	55.2	51.9	28.9
Average	13.4	105.5	41.6	38.8	32.9
			الفوسفور		
CNA6187	21.1	1425.9	313.7	5.0	71.3
CNA7127	25.6	1177.9	331.4	8.3	97.8
CNA7645	29.9	138.7	145.6	26.3	36.5
CNA6724-1	21.8	293.7	131.7	16.1	47.3
CNA7911	17.1	1771.6	275.4	16.4	290.5
CNA7864	15.4	1122.3	114.7	11.0	123.5
CNA7875	19.2	492.0	198.2	10.1	49.7
CNA7690	28.4	337.7	242.1	10.7	36.1
Rio Paranaiba	43.7	263.9	307.3	18.2	48.0
CNA6843-1	42.5	774.5	291.2	12.5	96.8
CNA6975-2	42.6	514.3	209.3	17.9	92.1
CNA7460	19.8	1387.6	331.2	8.4	116.6
L141	32.3	462.1	170.0	20.6	95.2
Average	27.6	781.7	235.6	13.9	92.4
			البوتاسيوم		
CNA6187	16.6	71.1	26.4	59.9	42.6
CNA7127	20.2	52.1	23.8	79.1	41.2
CNA7645	18.9	50.3	27.4	43.2	21.7
CNA6724-1	17.2	37.3	33.2	78.8	29.4
CNA7911	13.6	75.7	26.8	57.5	43.5
CNA7864	12.3	68.8	38.0	33.1	22.8
CNA7875	15.1	62.2	31.0	65.2	40.6
CNA7690	22.4	56.6	76.6	32.0	19.1
Rio Paranaiba	34.4	63.5	57.4	70.9	45.0
CNA6843-1	33.5	62.9	34.8	96.1	60.4
CNA6975-2	33.6	59.1	39.7	106.4	62.9
CNA7460	15.5	67.1	29.5	119.9	80.4
L141	25.4	44.3	55.9	69.4	30.7
Average	21.4	59.3	38.5	70.1	41.5

(عن : Fageria *et al.*, 1997).

ويحقـق الماغنسيوم تحسناً في إمتصاص العناصر المغذية الكبرى مثل النيتروجيـن والفوسفور والبوتاسيوم الضرورية لنمو وتطور النبات . فقد لاحظ **Hiremath** ومعاونوه (2003) أن إضافة الماغنسيوم بمعدل 50 كجم / هكتار مـن كبريـتات الماغنسـيوم عـند 100 % سعة حقلية كان له تأثير تنشيطى Synergistic effect علـي إمتصـاص المغذيات الكبرى . ولعب الماغنسيوم دوراً هامـاً فـي الضبط الاسموزي ونقص نسبة الإصابة بمرض تبقع الأوراق المتأخر والصدأ ومن ثم زيادة محصول الفول السوداني ومكوناته ، حيث يدخل الماغنسيوم فى تركيب جزئ الكلوروفيل وعامل مساعد في التفاعلات الانزيمية ومن ثم تحسين المحصول تحت ظروف الإجهاد.

وتسـتجيب بعض الأصناف لإضافات العناصر الصغرى وتحقق ميزة محصـولية تصـل أحـياناً إلى الضعف مقارنة بأصناف أخرى ، فقد تضاعف محصـول القمح من 0.77 إلى 1.65 طن للهكتار مع زيادة البورون من صفر إلـى 1 كجـم للهكتار وحققت الأصناف B-1022 ، SW-41 ، Sw-23 أعلى إسـتجابة مقارنـة بالأصـناف Sonora 64 , Fang-60 , Kanchan (جدول 2- 21) **(Subedi *et al.*, 1997)**.

جدول (2 – 21) : تأثير التسميد بالبورون على وزن الألف حبة ومحصول الحبوب لستة تراكيب وراثية من القمح بمزرعة Khairanitar بنيبال .

التركيب الوراثى	معاملات البورون			
	بدون بورون		1كجم بورون / هكتار	
	وزن 1000حبة	محصول الحبوب	وزن 1000حبة	محصول الحبوب
SW-41	37.7	0.22	25.2	1.56
BL-1022	42.2	0.39	25.7	2.01
SW-23	31.5	0.04	22.0	1.51
Kanchan	37.6	0.79	25.3	1.37
Fang-60	26.6	1.25	22.0	1.66
Sonora-64	21.4	1.90	21.9	1.80
Mean	32.8	0.77	23.7	1.65

(عن : Subedi *et al.*, 1997)

	وزن 1000 حبة	محصول الحبوب
SE (Genotype)	0.98 (P< 0.001)	0.12 (P< 0.001)
SE (Boron)	0.57 (P< 0.001)	0.06 (P< 0.001)
SE (GxB)	1.39 (P< 0.001)	0.17 (P< 0.001)

كفاءة أصناف المحاصيل فى إستخدام العناصر الغذائية

Use efficiency of crop cultivars to nutrient elements

يختلف تعريف كفاءة إستخدام العناصر الغذائية بحسب مجال الدراسة ، وعادة يُعرفها المشتغلين في مجال المحاصيل Agronomists ، بأنها محصول الحبوب لكل وحدة من السماد المضاف.

ويعرفها المشتغلين في مجال الفسيولوجي Physiologists ، بأنها كمية المادة الجافة المنتجة لكل وحدة وزنية من العنصر الممتص وهو ما يعرف أيضاً بنسبة كفاءة العنصر (ER).

ولقـد عرف **Graham** عام **(1984)** كفاءة إستخدام العناصر الغذائية بقـدرة الصنف المحصولي على إنتاج محصول عالي في الأراضي ذات التيسر المحدود من العنصر.

ومـن الناحية التجريبية ، عرف **Cooke** عام **(1987)** كفاءة إستخدام العناصر الغذائية ، بأنها الزيادة في محصول الجزء المحصود من المحصول لكل وحدة من العنصر المضاف بالسماد.

ويوجد عديد من الطرق لحساب كفاءة إستخدام العناصر الغذائية .

مقاييس الحكم على كفاءة إستخدام والاستفادة من العناصر الغذائية :

أ- الكفاءة المحصولية : Agronomic efficiency (AE)

وتعـرف بأنهـا كمـية الناتج الاقتصادي المتحصل عليه لكل وحدة من العنصر المضاف

$$AE = \frac{G_f - G_u}{N_a} \quad (Kg\ Kg^{-1})$$

G_f : Is the grain yield of the fertilized crop (Kg)

G_u : Is the grain yield of the unfertilized crop (Kg)

N_a : Is the quantity of nutrient applied (Kg)

Physiological efficiency (PE) : ب – الكفاءة الفسيولوجية

وتعـرف بأنهـا كمـية الناتج البيولوجي المتحصل عليه لكل وحدة من العنصر الممتص.

$$PE = \frac{Y_f - Y_u}{N_f - N_u} \ (Kg\ Kg^{-1})$$

Y_f Is the total dry matter yield of the fertilized crop (kg)

Y_u : Is the total dry matter yield of the unfertilized crop (kg)

N_f : Is the nutrient uptake of the fertilized crop

N_u : Is the nutrient uptake of the unfertilized crop

جـ- كفاءة الاسترجاع الظاهرية :

Apparent recovery efficiency (ARE)

تعرف بأنها كمية العنصر الممتص لكل وحدة من العنصر المضاف

$$ARE = \frac{N_f - N_u}{N_a} \times 100 \ (\%)$$

د- الكفاءة الفسيولوجية المحصولية :

Agrophysiological efficiency (APE)

تعـرف بأنها الناتج الاقتصادي (محصول الحبوب في حالة المحاصيل الحولية) المتحصل عليه لكل وحدة من العنصر الممتص

$$APE = \frac{G_f - G_u}{N_{tf} - N_{tu}} \ (Kg\ Kg^{-1})$$

N_f : Is the nutrient uptake by straw and grains in the fertilized plot (Kg)

N_u : Is the nutrient uptake by straw and grains in the unfertilized plot (Kg)

هـ- كفاءة الاستخدام(الإستفادة): Utilization efficiency (UE)

وهي ناتج حاصل ضرب الكفاءة الفسيولوجية وكفاءة الإسترجاع الظاهرية

$$UE = PE \times ARE \quad (Kg\ Kg^{-1})$$

(عن : Fageria *et al.*, 1997) .

علاوة على ذلك ، يمكن توظيف المعادلات الأتية فى تعيين كفاءة أصناف المحاصيل فى إستخدام والإستفادة من أو تحمل إجهاد النيتروجين :

أ- كفاءة إستخدام النيتروجين : Nitrogen use efficiency

NUE = N-recoverd / N-supplied

وتقدر كفاءة إستخدام النيتروجين لمحصول الحبوب الناتج لكل وحدة نيتروجين مضافة .

ب- دليل تحمل إجهاد النيتروجين : N-Stress tolerance index

= 1-(Low N-yield / high N-yield)

جـ- الاستجابة للنيتروجين : N-response

ويقدر على أساس الفرق بين محصول الحبوب عند المستوي العالي والمستوي المنخفض

(عن : رضوان وآخرون ، **2001**).

الانتخاب تحت ظروف البيئات ذات المدخلات الأقل من العناصر الغذائية

Selection under low input of nutrient elements environments

إن المدخـــلات المنخفضة من التسميد والري هي إستراتيجية يوصـي بها كمحور إرتكاز للمحافظة على البيئة وصيانة الموارد وزيادة دخول المزارعين.

ويعتـــبر الاتجـــاه الحالـــي للمؤسسات البيئية المهتمة بالأنظمة الزراعية والجودة التسويقية للمنتج الزراعي هو إستنباط أصناف تعطي مستويات محصول مرضية باستخدام مدخلات أقل من الأسمدة Low-input .

ولقـــد أوضـــح **Blum (1988)** جـــدوى الإنتخاب للمحصول تحت ظروف بيئة الهدف عن الإنتخاب للمحصول الأقصى Potential yield .

وقـــد دلت الدراسات على ، أن الانتخاب تحت المستويات المنخفضة من العناصـــر المغذيـــة لاســـيما النيتروجيـــن يمكن أن يتحقق من خلال إتجاهين ، الأول : زراعـــة الطـــرز التي تتميز بالقدرة على البقاء حتي الحصاد والأوراق الخضـــراء والمجمـــوع الجذري المتعمق والتحمل الجيد للجفاف ودليل الحصاد المنخفض وفترة إمتلاء الحبوب القصيرة ، وجميعها عوامل تسهم في زيادة إنتاج المـــادة الجافـــة وحـــركة العناصـــر من الأجزاء الخضراء إلى الحبوب وتأخر الشـــيخوخة وزيـــادة عدد الأزهار . والاتجاه الثاني : لتحسين المحصول تحت ظـــروف النيتروجيـــن المنخفض عن طريق التحكم في ظروف الجفاف كإجهاد بديل.

وهناك عديد من الجهود البحثية التي أجريت في هذا المجال وتهدف من خلال ذلك إلى تحقيق ما يلي :

1- تقليل إستخدام الأسمدة الكيماوية وتقليل تكلفة العملية الإنتاجية.

2- تجنـــب الآثار الضارة لارتفاع تركيز العناصر على الصحة العامة للإنسان والحيوان.

3- خفض التلوث البيئي.

4- كشف قدرة السلالات على تحمل ظروف الإجهاد والانتقال بها تحت ظروف البيئات الأقل ملاءمة.

وتحـــت الظـــروف المصرية ، أجريت بمحطة بحوث الجميزة دراسات على **زراعة القمح** تحت مدخلات أقل من النيتروجين (30 كجم ن / فدان) وعدد أقـــل مـــن الـــريات (رية أو ريتين) بعد رية الزراعة ، وقد أمكن التوصل إلى ســـلالات مبشـــرة تســـتطيع أن تنتج مستويات محصول مرضية تحت ظروف الإجهاد.

وقد أجريت تجارب في فرنسا بهدف تقييم كفاءة الانتخاب لـــ270 سلالة مبشـــرة + 11 أ ب + 3 أصـــناف قياسية تحت مدخلات أقل وأخرى أعلى من النيتروجين ومستويين من مبيد فطري في ثلاث مواقع على مدي موسمين 1998 ، 1999 حيث حصل**Brancourt- Hulmel (2005)** على النتائج الآتية :

1- تقديـــرات منخفضـــة (18%) لمعامل التوريث في المعني العام لمحصول الحـــبوب تحت المستوي المنخفض من النيتروجين بدون مبيد فطري ، وقد أعزيت هذه النتيجة إلى زيادة تباين الخطأ وإنخفاض قيم التباين الوراثي عند المســـتوي المنخفض من النيتروجين ، في حين بلغت 90% تحت المستوي العالي من النيتروجين بدون مبيد فطري .

2- سُـــجـــل إرتباط وراثي موجب لمحصول الحبوب ومحتوي النيتروجين بين العشـــر تجـــارب ، تراوح من 0.10 إلى 0.95 للمحصول ومن 0.78 إلى 0.98 لمحتوي الحبوب من النيتروجين.

3- تباينت الكفاءة النسبية للانتخاب غير المباشر إلى الانتخاب المباشر لكل من أزواج البيئات من 0.15 إلى 0.99 في إشارة إلى أن الانتخاب غير المباشر ليس دائماً أكثر فعالية من الانتخاب المباشر .

وبـــناءً علـــى ذلك ، فإن برنامج التربية الهادف إلي تعيين سلالات من القمـــح عالية الكفاءة تحت ظروف المدخلات الأقل من عنصر النيتروجين يجب أن يتضـــمن بيئات إنتخاب للمحتوي المنخفض من النيتروجين لمعظمه التحسين المتحصل عليه من الانتخاب .

ومن الملاحظات الفريدة ، ما وجد من إرتباط جينات التقزم *Rht* وكفاءة إســـتفادة نباتات القمح من الفوسفور من خلال التأثير على تجزئ ناتجات التمثيل وتوزيـــع الفوسفور بين الأعضاء الخضرية والثمرية ، ومن ثم التأثير على دليل الحصاد ، فقط لاحظ **Manske وآخرون (2002)** زيادات معنوية في محصول الأصناف الحاملة لجينات التقزم $Rht-D1b$ ، $Rht-Blb$ أُرجعت إلى تحسن كفاءة الاستفادة من الفوسفور ممثلاً في زيادة محصول المادة الجافة من الحبوب في الصنف Maringa والفوسنفور الكلي الممتص في الصنفين Nainari 60 , Maringa . وقـــد أدت جينات التقزم في الصنف Nainari 60 إلى إنتاج أعلى وزن جـــاف مـــن الحبوب وأقل تركيز من الفوسفور في الحبوب ، حيث يكون تركيز الفوسفور المنخفض نسبياً في الحبوب مرغوباً لأغراض التغذية والإنبات الجيد . وفي هذا المجال أشارت الدراسات إلى إمكانية تحسين جودة حبوب الذرة الشـــامية لتغذية الماشية بخفض محتوي الحبوب من الفوسفور دون التأثير على محصول الحبوب أو محتوي البروتين **(Wardyn and Russell , 2005)**.

وفى الشعير ، أسهمت برامج التربية والإجراءات الزراعية خلال العقود الـــثلاثة الماضية فى تحسين المحصول بحوالي 35-65 % . وتميزت الأصناف الحديـــثة من محاصيل الحبوب بالاستجابة العالية للتسميد الأزوتي ، حيث حققت

زيادة معنوية في المحصول وتقدم وراثي إرتبط وتيسر النيتروجين بلغ 1.59 ، 2.58 ، 4.52 ، 4.29 جم/ م2 / السنة تحت مستويات 20 , 50 , 110,، 160 كجم ن / هكتار ، على الترتيب . وإرتبط محصول الحبوب مع عدد حبوب المتر المربع والذي إعتمد على عدد سنابل المتر المربع وعدد حبوب السنبلة . وكان الانتخاب تحت ظروف المدخلات الأقل من النيتروجين (الإجهاد) مفيداً في تحديد الأصناف عالية المحصول تحت بيئات النيتروجين المختلفة **(Abeledo *et al.* , 2003)** .

وفى الذرة الشامية ، قام **Banziger and Lafitte (1997)** بتقييم مجموعة من الجيرمبلازم المتأقلمة تحت ظروف الأراضى المنخفضة الإستوائية تحت الإمداد المنخفض والعالى من النيتروجين .ولاحظا أن التباين الوراثى لمحصول الحبوب تحت مستوى النيتروجين المنخفض مثل حوالى 3/1 متوسط التباين الوراثى للصفة تحت مستوى النيتروجين العالى . وقد إتجه التباين الوراثى وتباين الخطأ لمحصول الحبوب إلى الإنخفاض مع زيادة النقص فى المحصول النسبى تحت التسميد المنخفض ، ولم تتغير تقديرات معامل التوريث .

وقد أظهرت دراسة **رضوان وآخرون (2001)** أنه تحت ظروف المدخلات الأقل من النيتروجين (30 كجم ن/ فدان) فإن التحسين المتوقع من الانتخاب غير المباشر مقارنة بالمتوقع من الانتخاب المباشر كان عالياً لصفات كفاءة إستخدام النيتروجين ، عدد حبوب النبات ، عدد أوراق النبات ، ومحتوى الكلوروفيل وذلك في الموسم الأول ، ولصفات كفاءة إستخدام النيتروجين ، إرتفاع الكوز ، قطر الكوز وعمق الحبة في الموسم الثاني . كما كان الانتخاب المباشر لغلة الحبوب تحت مستوى النيتروجين المنخفض أكثر كفاءة عن الانتخاب غير المباشر تحت مستوى النيتروجين العالي (120 كجم ن / فدان) في تحسين غلة الحبوب تحت مستوى النيتروجين المنخفض (جدول 2 – 22) .

جدول (2 – 22) : معامل التوريث والتحسين الوراثي المتوقع من الانتخاب المباشر وغير المباشر لبعض الصفات المحصولية والفسيولوجية تحت النيتروجين العالي والمنخفض.

الصفة	1998 التحسين غير المباشر من الإنتخاب			1998 التحسين غير المباشر من الإنتخاب		
	h^2	وحدة	% من التحسين المباشر	h^2	وحدة	% من التحسين المباشر
محصول الحبوب – ن منخفض	0.54	5.09	100	0.67	5.22	100
محصول الحبوب – ن عالي	0.89	3.94	*77.41	71	3.62	*69.4
<u>الصفات تحت – ن المنخفض</u>						
ميعاد تزهير النورة المذكرة	0.90	−0.79	− 15.59	0.35	− 0.70	− 13.43
ميعاد تزهير النورة المؤنثة	0.62	−0.29	− 5.62	0.41	- 0.03-	− 0.48
محتوي الكلوروفيل	0.93	3.61	70.88	0.40	1.05	20.21
مساحة ورقة الكوز	0.56	2.09	40.98	0.72	0.34	6.57
البقاء أخضر	0.42	0.99	19.41	0.78	0.13	2.46
المحصول البيولوجي	0.85	2.77	54.41	–	–	–

(عن : Radwan *et al.*, 2001).

وقد تباينت تقديرات معامل التوريث كما هو موضح من متوسطة إلى عالية للصفات المدروسة تحت مستوي النيتروجين المنخفض إلى مرتفعة تحت مستوي النيتروجين العالي . وقد أفادت الدراسة إلى وجود إرتباط بين كفاءة إستخدام النيتروجين تحت ظروف نقص العنصر مع محصول الحبوب تحت مستوي النيتروجين العالي ومع متوسط المحصول تحت مستويي التسميد في الموسمين .

كما إرتبط دليل تحمل إجهاد النيتروجين بشدة وكفاءة الاستجابة للعنصر وإرتبط محصول الحبوب مع تحمل إجهاد نقص النيتروجين وكفاءة إستخدامه عند المستوي العالي والمنخفض منه.

وأسهم الانتخاب المتزامن للمحصول العالي والصفات الثانوية المرتبطة به والمتوقع أن تعطي ميزة تحت إجهاد النيتروجين في تحسين محصول عشيرة

الـــذرة الشامية Across 8328 BN ، بحوالى 84 كجم حبوب / هكتار / السنة بنســبة 4.5 % عـند المستوي المنخفض من النيتروجين ، في حين بلغ مقدار التحســين الوراثـــي 120 كجم حبوب / هكتار / السنة (2.3%) عند المستوي المرتفع من النيتروجين (**Lafitte and Banziger , 1996**) ، وقد دلت علاقة الـتلازم غير السالبة بين محصول الحبوب ومحتوي عناصر النحاس والمنجنيز والزنك بحبوب الذرة الشامية إلى إمكانية الجمع بين المحصول العالي والمحتوي المرتفع من العناصر الصغرى (**Brkic *et al.* , 2004**) .

العلاقة المتبادلة بين العناصر الغذائية
Interaction effects between nutrient elements

تتبايـــن أصناف المحاصيل فى درجة إستجابتها لإضافة كمية معينة من عنصـــر معين عند المستويات المختلفة من العناصر الغذائية الأخرى ، ويرجع ذلـك إلـــى أن كفـــاءة العنصر الغذائى تتحدد بكمية العناصر الأخرى والميسرة للنباتات، وهو ما يعرف بالتأثيرات المتبادلة بين العناصر Interaction effects between elements ويخـتلف مدى التفاعل تبعاً لنوع العنصر ونوع النبات ، حيث يوجد تنافس بين بعض الأيونات مع بعضها الآخر عند إمتصاصها بواسطة جـذور النبات ، وقد تؤدى زيادة تركيز أحد الأيونات فى وسط النمو إلى تقليل امتصـــاص أيون أو أيونات أخرى من وسط النمو ، ويسمى هذا التأثير بالتضاد Antagonism . فـــى حيـــن قد يؤدى زيادة تركيز الأيون إلى زيادة إمتصاص أيونات أخرى ، ويعرف هذا بالتنشيط Synergism .

حيث أوضح **البشبيشى وشريف (1998)** أنه من المفضل دراسة حالة جمـيع العناصـــر فـــى مجال تغذية النبات ونسب العناصر بعضها إلى البعض الآخـــر ، عن إستعمال مستوى معين للعنصر ، وأنه يوجد العديد من العلاقات بين

العناصـــر والتي تؤثر على مدي تيسرها قد تكون في صورة تنشيط أو تثبيط ، يمكن توضيحها على النحو التالي:

- أن النيتروجين ينشط أو يحفز Stimulate إمتصاص الماغنسيوم ولكن يثبط أو يضاد Antagonist النحاس والبوتاسيوم والبورون.
- الفوســفور ينشـــط إمتصاص الماغنسيوم والحديد ، ولكن يضاد الكالسيوم ، البوتاسيوم ، الزنك ، والنحاس والمنجنيز.
- الفوسفور والكالسيوم يثبطا إمتصاص الرصاص والكادميوم والبريليوم .
- الصوديوم يثبط إمتصاص المنجنيز .
- الكالسيوم يقلل من إمتصاص الماغنسيوم ، البورون ، البوتاسيوم ، المنجنيز، الحديد والزنك .
- البوتاسيوم ينشط المنجنيز والحديد ولكن يثبط الماغنسيوم والبورون.
- الزنك يضاد الحديد ويثبط إمتصاص النحاس .
- الحديد يضاد الفوسفور.
- المنجنيز يضاد الحديد.
- الــبورون لا يضـــاد أي عنصـــر ، ولكن لا يسلم من تضاد بعض العناصر الكبرى له مثل : النيتروجين ، البوتاسيوم والكالسيوم.
- النحاس يضاد الحديد والمنجنيز.
- الموليــبدنم يضـــاد النحاس ، الحديد ، المنجنيز والكبريت ويحفز إمتصاص النيتروجين والفوسفور .
- النيكل يضاد إمتصاص النحاس والزنك والحديد .

وفـــي هـــذا الســـياق وجد **Agrawal** وآخرون **(2003)** أن زيادة مستوى عنصر الزنك من صفر ، 2.5 ، 5 إلى 10 كجم زنك / هكتار في فول الصويا

صاحبة زيادة معنوية في إمتصاص النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكبريت وتراكمها في السوق والأوراق والبذور.

وتباين محتوي الكالسيوم و الماغنسيوم والبوتاسيوم ونسبة الصوديوم : البوتاسيوم في الأصناف المختلفة حيث لوحظ ارتفاع محتوي الزنك،الكالسيوم والصوديوم في الأصناف , IR 47538-3B –9-3B-1 , CSR10 , CSR 23 CSR-88 IR 1 مقارنة بالأصناف CSR-88IR 15 , IR 4630 , Trichi وكان محتوي الماغنسيوم مرتفعاً نسبياً في الأصناف غير المتحملة لنقص الزنك.

وتؤثر الملوحة على امتصاص العناصر الغذائية والذي وضح في تناقص إستخدام والاستفادة من الفوسفور والبوتاسيوم في آباء وهجن الجيل الأول والثاني من قمح الخبز تحت مستوي الملوحة المرتفع 640 ديسيمتر / م .

وقد تباينت الأصناف في محتوي الحبوب من الفوسفور والبوتاسيوم وكان أكثرها كفاءة الصنف K-65 يليه Jop 666 ثم Rajasthan 3077 **(Sastry and Dhayal , 2003)**.

ويلاحظ وجود تفاعل إيجابي بين الفوسفور والنيتروجين تحت ظروف نقص الفوسفور ، يزداد مع إضافات الفوسفور حتى 160كجم من سوبر فوسفات الثلاثي في فول الصويا . فقد لاحظ **Kuang-RuBin وآخرون (2005)** حدوث زيادة متزامنة في محتوي كل من الفوسفور والنيتروجين في المجموع الخضري ، كما زاد الوزن الجاف للجذور وعدد عقد الجذور ووزن العقد الجذرية وحجم العقدة ودليل التعقد ، مدللاً على أن الفوسفور ربما يؤثر على التغذية بالنيتروجين من خلال التأثير على مورفولوجي صفات الجذور وهو ما لوحظ من علاقة الارتباط الموجبة بين كل من محتوي الفوسفور والنيتروجين مع الصفات المورفولوجية للجذور.

الباب الثامن

جهود التربية
Breeding Efforts

الانتخاب Selection

يعتــبر دراسة التباين بين الأصناف في كفاءة إمتصاص والاستفادة من العناصر الغذائية ووراثة القدرة على التحمل وإنتاج مستويات محصول مرضية، مــن الأمور الهامة فى برامج تطوير تراكيب وراثية عالية الكفاءة في الأراضي منخفضــة الخصــوبة لاسـيما عند سيادة المكون المضيف وإرتفاع قيمة معامل التوريث للصفة.

ويمكــن إجراء الانتخاب في الأجيال المبكرة لعزل تراكيب وراثية عالية الكفــاءة للاســتفادة من العناصر الغذائية تحت ظروف البيئات الملائمة في ظل توفــر النيتروجين والفوسفور وهو ما أمكن تقريره في الشعير ، في حين يتأخر الانــتخاب إلى الأجيال المتأخرة عند محاولة تحسين كفاءة إمتصاص والاستفادة من العناصر تحت ظروف البيئات الأقل ملاءمة والفقيرة فى العناصر الغذائية .

وأمكن بالانتخاب إنتاج عديد من أصناف الأرز منها ، IR 76 المتحمل لنقص الفوسفور والصنف IR 72 المتحمل لنقص الزنك وصنف الشعير PL 56 المــتحمل لــنقص الزنك ، وأصناف الفول السوداني Florunner , Trifrum Early Runner ، Southeastern , Runner 56-15 الأكــثر تحمــلاً للمدخــلات الأقل من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والماغنسيوم والكالسيوم في الأراضي منخفضة الخصوبة .

كمــا إتضح جدوى الانتخاب المتكرر المبني على الموديل عديد الجينات مــع التوريــث الكمي في تطوير سلالات من فول الصويا أكثر كفاءة فى تحمل

نقـــص الحديد.وقد أشارت الدراسات التجريبية إلى جدوي الانتخاب المبني على الأســـاس الوراثـــي فـــي تحسين كفاءة هجن الذرة الشامية للنمو تحت ظروف الأراضـي ذات المدخلات الأقل من الفوسفور والنيتروجين .

وتفيد طريقة الانتخاب الفردي والتحدر من بذرة واحدة في برامج تربية المحاصيل لتحمل إجهاد نقص العناصر الغذائية ولقد ساعدت في تحسين محتوي حـبوب الأرز من الفوسفور والمنجنيز والزنك والحديد مما انعكس إيجابياً على جودة الحبوب(**Zhang *et al.* ,2004a**) .

التهجين والانتقال الكروموسومي .

Hybridization and tarnslocation

يعتـــبر التهجين من طرق التربية الفعالة لنقل العوامل الوراثية المتحكمة فـــي الصـــفات المرتبطة بتحمل نقص العناصر الغذائية . وقد أشارت الدراسات المـــبكرة الـــتى أجراها **Graham (1978)** إلى نجاح نقل صفة القدرة على النمو تحت ظروف نقص عنصر النحاس من الراي إلى الترتيكال كما أمكن نقل هذه الصفة إلى القمح عن طريقة الانتقال الكروموسومى.

وقام **Graham في عام (1989)** بحصر عديد من الاختلافات الوراثية فـــي الـــراي والقمح والترتيكال لكفاءة الاستفادة من المنجنيز والزنك والنحاس ، وأوضـــح أهمية الانتقال الكروموسومي في نقل عوامل كفاءة الاستفادة من هذه العناصـــر مـــن جـــنس الراي إلى الأصناف المنزرعة وقد أفاد ذلك في تحسين أصناف معينة لتناسب ظروف بيئية معينة.

وتحـــت الظروف المصرية ، أمكن إنتاج مجموعة من الهجن التجريبية مـــن الذرة الشامية ظهرت بها قوة هجين عالية لكفاءة الاستفادة من النيتروجين

ودليل تحمل إجهاد العنصر تحت المدخلات الأقل " 30 كجم ن/ فدان " . (Radwan *et al.* , 2001)

وفي كرواتيا ، أمكن تحقيق تحسين في محتوي حبوب هجن الذرة الشامية من العناصر الصغرى ؛ النحاس والمنجنيز والزنك ووجد **Brkic** **ومعاونوه (2004)** إرتباط موجب بين محصول الحبوب ومحتوي العناصر الصغرى ، في دلالة على إمكانية الجمع بين المحصول المرتفع والمحتوي العالي من هذه العناصر.

دور التقنية الحيوية في التربية لتحمل إجهاد نقص العناصر
Role of biotechnology in breeding for mineral deficiency stress tolerance

أولا : معلمات دنا DNA markers

أ- تقنية الـ RAPD – PCR

لقد أمكن توظيف معلمات الـ RAPD – PCR في التعرف على وتشخيص أصناف الذرة الرفيعة المتباينة في تحملها لإجهاد نقص عنصر الحديد من خلال تحليل مستخلص دنا للأب الحساس IS 2219 B والأب المتحمل TX 430 ونباتات الجيل الأول والثاني المتحملة والحساسة لنقص عنصر الحديد حيث أفاد تحليل الـ RAPD – PCR في التعرف على حزمة واحدة مميزة لتحمل نقص الحديد في الأب المتحمل TX 430 ومجموعة نباتات الجيل الثاني المتحملة، وغابت الحزمة في الأب الحساس IS 2219B ومجموعة نباتات الجيل الثاني الحساسة لنقص العنصر . وعلى ذلك حدد **محمود وآخرون (2005)** هذه

الحزمة كأحد الكشافات الجزيئية الموجبة والمرتبطة بتحمل نقص عنصر الحديد في الذرة الرفيعة .

ب- تقنية الـ AFLP

أشـــارت الدراسات الوراثية على المستوي الجزيئي إلى وجود عائلة من الجينات ، تشفر لانتقال الكبريت في النبات ، وأظهر عدد من هذه الجينات تعبير متخصص للنسيج وإستجابة متباينة للكبريت .

ولقـــد إستخدمت تقنية AFLP cDNA لاختبار حث التعبير الجيني في نــباتات القمـــح خـلال مرحلة النمو الخضري تحت ظروف نقص البوتاسيوم، الفوســفور ، الكبريت، النيتروجين والماغنسيوم وتحديد الجينات المستحثة تحت ظروف إجهاد نقص هذه العناصر ، ومعرفة تأثير معدل وصور النيتروجين على التعبير الجيني وتطور الحبوب (**Hawkesford** ***et al.*** **, 2003**) .

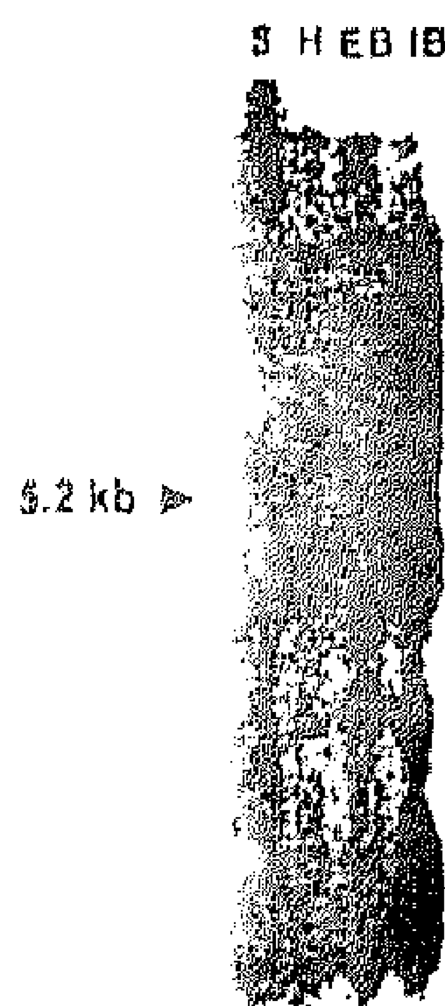
ونظـــراً لأن نقص الحديد يمثل أحد إجهادات البيئة المؤثرة على إنتاجية المحاصيل في بعض المناطق الزراعية في العالم . فقد تمكن **Pant (2003)** من تحديـــد الجيـــن المشفر والبروتين المنظم لانتقال والاستفادة من الحديد وعزله ، حيـــث لوحـــظ أن النباتات البذرية تستجيب لإجهاد نقص الحديد بتكوين وإنتاج إنـــزيمات وأحماض أمينية ، وأمكن عزل الجينات المشفرة للانزيمات المتحكمة فـــي مراحل إمتصاص وإنتقال وتيسر والاستفادة من الحديد . ويمثل ذلك خطوة هامة في إنتاج نباتات معدلة وراثياً مقاومة لإجهاد نقص الحديد في قصب السكر وعديد من المحاصيل الأخرى .

ولقـــد أفـــادت معلمات الـــ AFLP في رسم مواقع الصفة الكمية QTL المؤثـــرة في محصول الحبوب ومكوناته لـــ 95 توليفة وراثية من الشعير تحت أربـــع بيئـــات من النيتروجين (صفر ، 100 كجم عند الزراعة ، 50 كجم عند التزهـــير، وتجـــزئ 100 كجم ؛ ½ عند الزراعة + ½ عند التزهير) ، حيث

تمكـــن **Jarso and Keneni (2003)** من إستشكاف 18 و 51 موقع للصفة الكمـــية واتضـــح تبايـــن مساهمة مختلف الجينات في الصفات المدروسة تحت مخـــتلف البيئات ، وأظهرت الآباء درجات من المساهمة التكاملية أو التفاعلية ، مع إحتمال وجود تأثير متعدد للجين أو إرتباط بين الجينات.

جـــ- تقنية الـــ RFLP

لقـــد أفـــادت تقنية الـــ RFLP في تعيين الموقع الوراثي *Mell* لكفاءة الإستفادة من المنجنيز على كروسوم الشعير 4HS **(Pallotta *et al.* , 2000)**، كمـــا تمكن **Khabaz–Saberi** وآخرون **(2002)** من توظيف معلمات الـــ RFLP فـــي تعيين الموقع المسئول عن كفاءة المنجنيز في نباتات الجيل الثاني للهجين بين صنف قمح المكرونة ذو الكفاءة Stojcori 2 والصنف عديم الكفاءة للمنجنـــيز Hazar ، حيـــث إرتبط معلم الـــRFLP Xcdo 583a مع الموقع *Mell* لكفاءة المنجنيز(شكل 2 – 7) ، وفسر هذا الموقع أكثر من 42 % من التبايـــن الكلـــي لكفاءة المنجنيز في نسل الهجين في الجيل الثاني ، واُعتبر هذا المعلـــم أداة ميسرة كمساعد للانتخاب في برامج التربية لتحسين كفاءة الاستفادة من عنصر المنجنيز.



شـــكل (2 – 7) : إستخدام معلمات الصفة الكمية QTL في RFLP في التحليل الوراثي لسلالات قمـــح الديورم Hazar , Stojocri 2 , Lanes و10 تراكيب وراثية فى F_2 التجميعى ذات كفاءة و10 تراكيـــب وراثية فى F_2 عديمة الكفاءة للمنجنيز . حيث لوحظ إرتباط الحزمة 5.2 Kb للسلالة Stojocri 2 بكفاءة المنجنيز كما هو مشار إليه بالسهم (Khabaz– Saberi *et al.*, 2002) .

- معلمات الصفة الكمية QTL

لقـد أفـادت تقنية معلمات الصفة الكمية في تعيين المواقع المسئولة عن تحمـل نقـص العناصـر الغذائية ولقد أوضح **Khabaz–Saberi** وآخرون (2002) أن الانـتخاب للمعلمات المرتبطة بمواقع الصفة الكمية لكفاءة المنجنيز والتى أمكن تحديدها على الكروموسوم 4B يفيد فى تحسين كفاءة الاستفادة من المنجنـيز فـي القمـح . كما أمكن تحديد 3 مناطق كلٌ فى مجموعة إرتباطية منفصـلة إرتبطت وصفة البقاء أخضر في الذرة الرفيعة في أكثر من تجربة في 160 سلالة للهجين QL 41 × QL 39 تحت ـ من البيئات (**Tao *et al.* , 2000**) .

كمـا أمكـن بمعلمـات الصـفة الكمية ، إستكشاف مواقع وراثية تحكم المحتوي العالي من الحديد على كروموسومات الأرز 7 ، 8 و 9 تفسر 30.3 ، 21.3 و 19% من التباين المظهري (**Gregorio and Htut , 2003**) .

ولقـد أشـارت نـتائج معلمـات الصفة الكمية إلى وجود مواقع متعددة الآليلات مسئولة عن كفاءة إمتصاص الفوسفور في الأرز(**Wu *et al.*, 2000**)، الأمـر الـذي يسـاعد في توظيف المعلمات الوراثية في برامج تربية وتحسين محتوي العناصر في حبوب الأرز .

تنظيم التعبير الجيني تحت ظروف إجهاد نقص العناصر
Regulating gene expression under Mineral deficiency stress

أشارت الدراسات المتعلقة بالوراثة الجزيئية إلى وجود عديد من الجينات التي يُستحث فعلها تحت ظروف إجهاد نقص العناصر الغذائية وتشفر لانزيمات مسئولة عن إمتصاص وإنتقال العناصر الغذائية في عديد من المحاصيل ، حيث

أمكن تعيين عديد من الجينات المستحثة تحت إجهاد نقص النيتروجين والبوتاسيوم والفوسفور والكبريت والماغنسيوم في القمح (**Hawkesford** ***et al.*** **, 2003**)، وتعيين البروتين المنظم لانتقال الحديد وعزله في قصب السكر (**Pant , 2003**)

وقد أظهر التحليل الوراثي Southern blot وجود نسخ فردية من جين Inosine monophosphate dehydrogenase (*IMPDH*) وهـو الانـزيم المفـتاح في عملية تمثيل النيتروجين ، ويعبر بشكل متخصص في العقد الجذرية لنبات فول الصويا (**Cao and Schubert , 2001**) .

هـذا وقـد ناقش **Yokoyama** وآخرون (2001) إمكانية تنظيم تعبير جيـنات *GmNRT1 , GmNRT2, ... GmNRT 5* في صنف فول الصويا Williams والتي تلعب دوراً حيوياً في إمتصاص النترات وذلك تحت مستويات مخـتلفة مـن النيتروجين وأوضح وجود 5 جينات على الأقل تعمل كناقلات في فـول الصـويا وذات أهمية في تمثيل النترات . وتعبر الجينات *GmNTR 1-3* فـي كـل من الجذور والأوراق ، بينما تعبر الجينات من *GmNRT 1-2* عند تطور الجذور في وجود الأمونيوم كمصدر للنيتروجين .

ويـؤدي بـادئ جين *HvPht1* الناقل للفوسفات في الشعير إلى تنشيط مسـتويات عالـية من التعبير في جذور الأرز بحوالى 4 مرات إستجابة لنقص الفوسفور ويفيد ذلك في فهم الدور الوظيفي لتعبير الجينات المنظمة للاستفادة من الفوسفور (**Schunmann** ***et al.*** **, 2004**) .

وهـناك مساحة بحثية حديثة تتعلق بقنوات البوتاسيوم K^+ channels والتي تلعب دوراً هاماً في الاستفادة من العنصر وعملية تحميل اللحاء والخشب وفسيولوجيا الثغور في نبات الارابيدوبسيس ، رمز لها بالرمز ($AKT_{2/3}$) وفي الفول البلدي بالرمز (VFK_1) والذرة الشامية (ZMK_2) . وقد أشارت دراسات التعبير الجيني للقنوات $AKT_{2/3}$ و VFK_1 إلى وجود مستويات عالية من حمض

رنا الرسول في لحاء الأجزاء الهوائية الخضراء للنباتات وأمكن استكشاف نسخ من ZMK_2 في الأنسجة الوعائية للسويقة الجنينية الوسطي وغمد الأوراق الأولية فـي الـذرة الشـامية . وحدد **Deeken** ومساعدوه (**2001**) مسئولية قنوات البوتاسيوم عن عملية تحميل اللحاء وتفريغ ناتجات التمثيل .

موديلات المحاكاة وإجهاد نقص العناصر الغذائية

Simulation models of nutrient elements deficiency stress

هناك جهود بحثية مستمرة تهدف إلى إنتاج أصناف جديدة من المحاصيل الحقلـية وإتباع أنظمة تسميد وإستخدام الميكنة وغيرها من الإجراءات الزراعية التـي تتمشى مع التغيرات النمطية في النظام المجتمعي والمتغيرات الاقتصادية وفي نفس الوقت تؤدى إلى المحافظة على التربة وجودة البيئة.

ويعد توفير قاعدة من البيانات والاستعانة بأنظمة الكمبيوتر من الوسائل المفيدة في فهم الأساس الكميوحيوي والفسيولوجي لاستجابة المحصول لظروف بيـئة التربة والمناخ ومن ثم تصميم تجارب ناجحة وموديلات محاكاة تمكن من التنبؤ بالمحصول والصفات الاقتصادية تحت مدي من تباين خصوبة التربة.

وتعـتمد تقديـرات المحصول المتحصل عليه تحت هذه الظروف على كفاءة إمتصاص والاستفادة من العناصر المتاحة تفعيلاً مع ظروف البيئة المحيطة وكذا على نشاط التمثيل الضوئي والتنفس والنمو والنشاط الانزيمي وإنتقال المواد الممثلة إلى الأعضاء الاقتصادية وهو ما يعكس مدي إستجابة الصنف المحصولى لعناصر البيئة تحت ظروف التجريب.

وعلـى مدي خمسة عشر عاماً ، أمكن تطوير موديلات محاكاة لعدد من العمليـات الزراعـية اشتملت على عوامل الطقس والمياه وتآكل التربة وحركة

وإنـــتقال العناصــــر الغذائية وفيزلوجي المحصول والنمو والإنتاجية وإستهدف تصميم هذه الموديلات ما يلي :

1- التنبؤ بأقلمة المحصول تحت ظروف بيئية معينة.

2- التنبؤ بأقلمة المحصول تحت ظروف من الإجراءات الزراعية البديلة.

3- التنبؤ بمتوسط سلوك الأصناف في أنظمة الزراعة المعقدة ومدي حساسيتها للمحددات الحيوية والفسيولوجية والاجتماعية والاقتصادية.

4- التنبؤ بالمتغيرات قصيرة أو طويلة المدى في خصوبة التربة والإنتاجية.

وقـــد إستخدم **Singh** عام **(1985)** موديل المحاكاة CERES لدراسة إســتجابة هجـــن الـــذرة الشـــامية لظــروف الطقس والتربة ومعدلات التسميد النيتروجينى في 14 تجربة حقلية أجريت في مواعيد مختلفة من السنة في منطقة Oxisols أو Andepts في هاواي وإستطاع بهذا الموديل محاكاة تأثيرات التربة والمواسم والهجن ومعدلات التسميد النيتروجينيعلى محصول الذرة الشامية.

ففـــي الأشهر الباردة ، وصل منحني إستجابة النيتروجين إلى أقصي ما يمكـــن عند مستويات التسميد المنخفضة حيث كان النمو محدداً بدرجة الحرارة والإشعاع الشمسي وإرتفع محصول الحبوب في منطقة Oxisols مقارنة بمنطقة Andepts نظرا لارتفاع درجة الحرارة والإشعاع الشمسي في منطقة Oxisols. وقـــد إخـــتلف محصول الهجن نتيجة اختلاف طول فترة إمتلاء الحبوب ومعدل إمتلاء الحبوب.

ولقـــد أفادت موديلات المحاكاة في تحديد الموديل الأمثل Modelling لـــبرنامج التربـــية الهادف إلى زيادة القدرة الإنتاجية في أصناف الذرة الشامية المحســـنة ذات الكفاءة في إستخدام النيتروجين تحت ظروف المدخلات الأقل من العنصر ولهذا الهدف قام **Presterl ومساعدوه (2003)** في ألمانيا بإجراء 21 تجــربة مـــن مواد الــربية الأوروبية لمستودع الذرة الصيوانية والمنغوزة خلال

الفـــترة مـــن 1989 وحتى 1999 في عديد من المواقع تحت مستوي منخفض (بـــدون إضـــافة) ومستوي عالي من النيتروجين (200 كجم ن / هكتار) . وقد أظـهـــرت النتائج إنخفاض المحصول بنسبة 37% في المستوي المنخفض مقارنة بالمستوي العالي وتذبذب معامل الارتباط الوراثي بين المستويين بمتوسط **0.74** لمحصـــــول الحبوب . وكان التباين الراجع إلى تأثير التركيب الوراثي والتركيب الوراثي × الموقع وتأثيرات الخطأ أعلى عند المستوي المنخفض من النيتروجين مقارنة بالمستوي العالي بقيم متشابهة لمعامل التوريث تحت المستويين كما كان الـــتفاعل بيـــن التركيـــب الوراثي × النيتروجين والتركيب الوراثي × الموقع × النيتروجين معنوياً في معظم التجارب.

وقـــد تمكـــن **رضـــوان وآخـــرون (2003)** من تحديد موديل مناسب للتركيب الوراثى الأمثل من الذرة الشامية الأقدر على تحمل التسميد النيتروجينى المعـــتدل (60 كجم) ، يتميز بصفات التبكير فى النضج ، زيادة مساحة ورقة الكوز ، إرتفاع الكوز المنخفض ، تعدد الكيزان على النبات وزيادة غلة الحبوب.

الباب التاسع

تقييم التراكيب الوراثية لتحمل نقص العناصر الغذائية
Evaluation of Genotypes to Mineral Deficiency Tolerance

يمكـــن إجراء عملية التقييم والانتخاب لتحمل نقص العناصر الغذائية في المـــزارع الصـــناعية ســـواء الرملية أو مزارع المحاليل المغذية أو فى البيوت المحمـــية أو الأصـــص أو باستخدام مزارع الأنسجة ، كما يمكن إجراء عملية التقييم تحت الظروف الحقلية.

1- التقييم تحت ظروف مزارع بيئات الفيرميكوليت - الرملية
Evaluation under sand – vermiculite culture conditions

تستخدم مزارع الفيرميكوليت – الرملية في تقييم جيرمبلازم المحاصيل لـــتحمل إجهاد نقص العناصر الغذائية . حيث أفادت في تقييم آباء وديااليل هجن الشعير تحت مستويين من التغذية بالنيتروجين والفوسفور ، أحدهما عالي والأخر مـــنخفض ، وأمكن دراسة تأثير تباين مستوي التغذية على طبيعة الفعل الجيني ووراثـــة صـــفات ؛ طـــول الجذر الكلي أو طول منطقة معينة من الجذر ووزن الجـــذر ونســـبة وزن المجموع الخضري : المجموع الجذري وكفاءة امتصاص الجذور للنيتروجين والفوسفور (Gorny, 2000) .

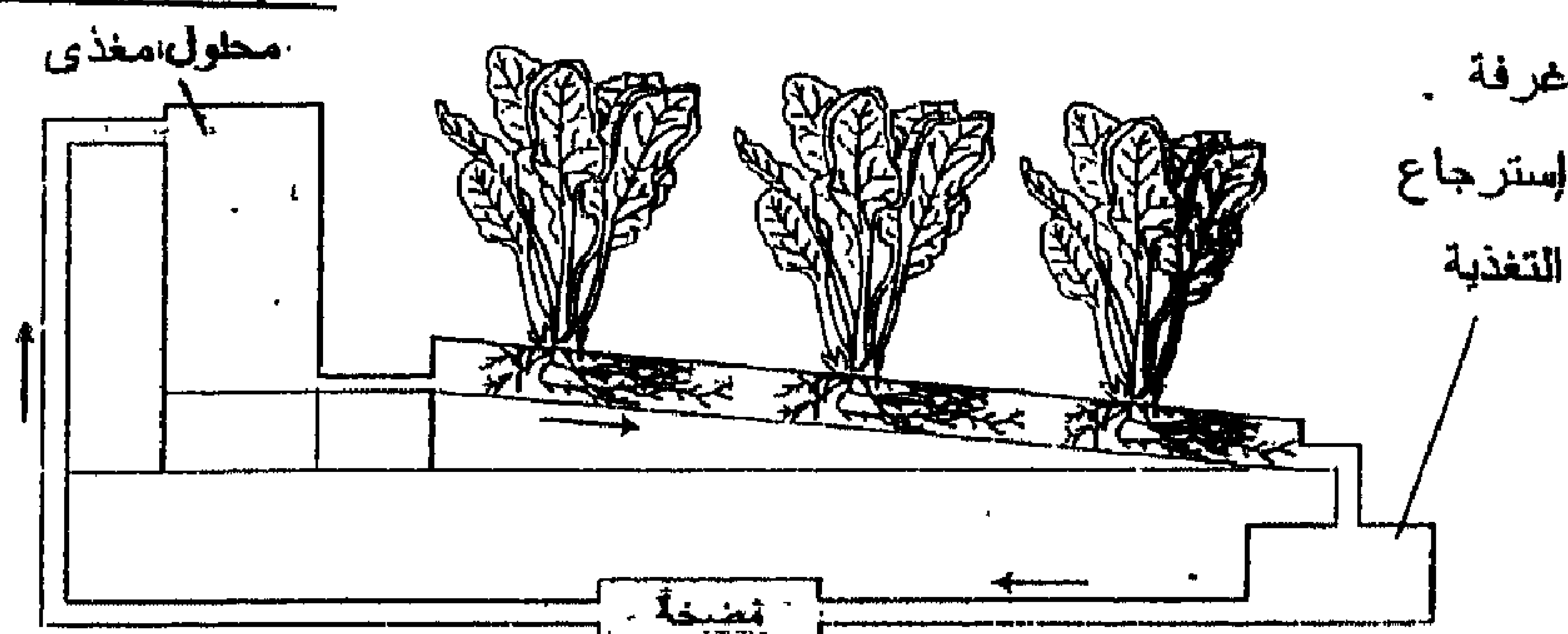
2- التقييم تحت ظروف المزارع الصناعية (المحاليل المغذية)
Evaluation under hydroponic culture conditions

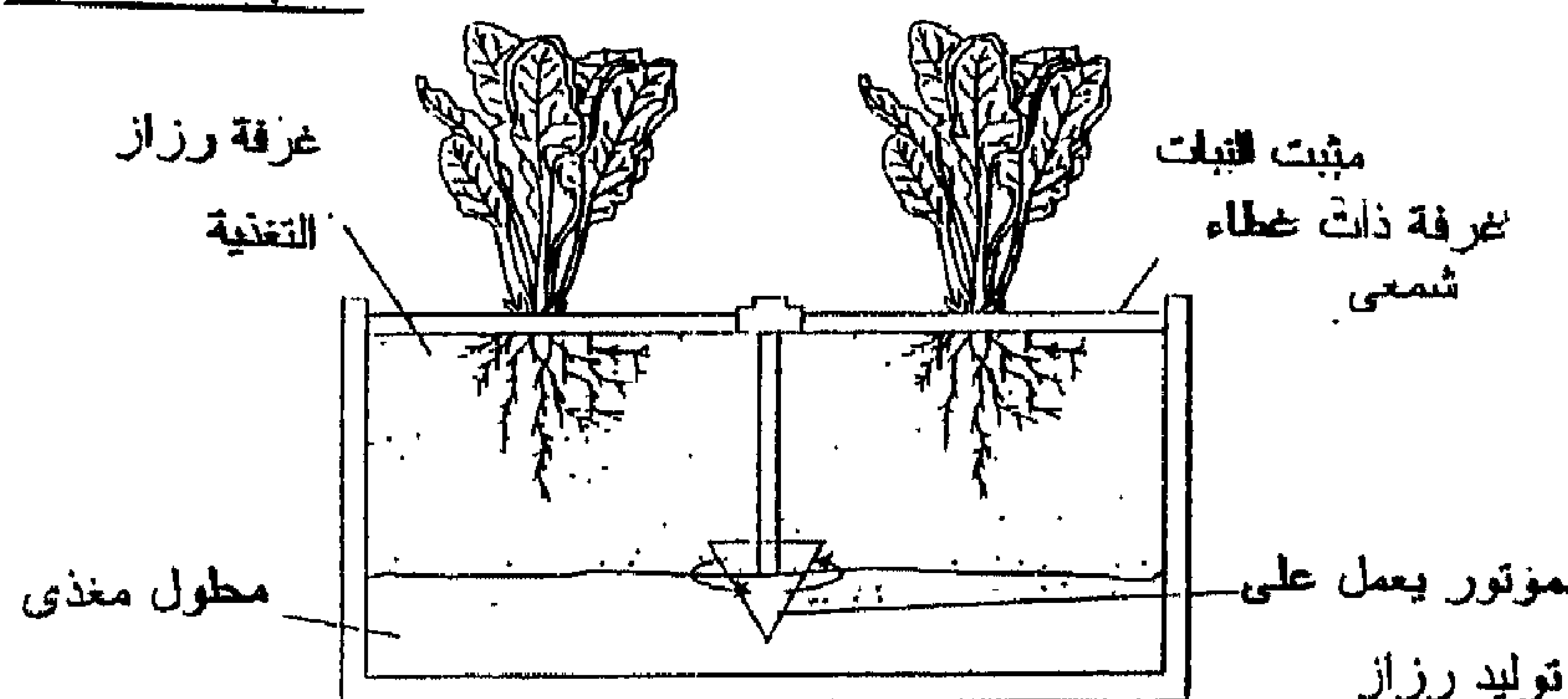
تعتـــبر مـــزارع المحالـــيل المغذيـــة من الطرق الدقيقة في عملية تقييم جيرمبلازم المحاصيل لتحمل نقص العناصر الغذائية (شكل 2 – 8) . غير أنه يصـــعب إستخدامها في تقييم عشائر المحاصيل كبيرة الحجم في برامج التربية،

وقــد تســتخدم فــي عملية تقييم الآباء والهجن والسلالات المنتخبة من الهجن . ويحـــتاج إبستخدام الهيدروبونات توفر مستوى من الخبرة في تصميم هذا النظام والاســتفادة مــنه فــي تقييم الاختلافات بين التراكيب الوراثية في مقاومة نقص العناصر .

وقــد أفــادت في دراسة طبيعة الفعل الجيني المتحكم في وراثة كفاءة إستفادة بادرات الذرة الشامية من الفوسفور والنامية تحت ظروف محلول مغذي منخفض المحتوي من العنصر **(Furlani *et al.* , 1998)** .

كما أمكن توظيف هذه التقنية في تقييم كفاءة الاستفادة من الزنك لدياليل الأرز بيــن ثلاثة أصناف كفء وثلاثة أصناف عديمة الكفاءة في محاليل مغذية ودراسة السلوك الوراثي للصفات المرتبطة بكفاءة الاستفادة من العنصر **(Wang *et al.*, 2004)** .





شكل (2 – 8) : بعض أنظمة الهيدروبونات المستخدمة في التقييم لتحمل نقص العناصر.

3- التقييم تحت ظروف البيوت المحمية
Evaluation under greenhouse conditions

تفيد البيوت المحمية في تقييم أصناف وسلالات المحاصيل لتحمل نقص العناصر الغذائية . وقد أفادت الصوب الزجاجية Glasshouse في دراسة مقارنة كفاءة إمتصاص النيتروجين في هجينين من الأرز مع السلالات الأبوية زرعت في تصميم عشوائي تام وجربت مستويات صفر ، 30 ، 60 ، 90 ، 120 مجم نيتروجين / كجم تربة **(Mondal and Pal , 2003)** ، حيث كانت كفاءة إمتصاص النيتروجين أعلى ما يمكن (2.14) تحت مستوي النيتروجين الأقل ، ومع كل زيادة في إضافة الأزوت حدث نقص معنوي في كفاءة الامتصاص إلى أن بلغت 0.89 مع المستوي العالي من الآزوت.

4- التقييم في أصص تحت ظروف البيوت المحمية
Evaluation in pots under greenhouse conditions

تستخدم أصص تملأ بتربة ينقصها العنصر موضع الدراسة في عملية التقييم . وتعتبر الأصص أكثر ملاءمة لتقييم إستجابة البادرات وغير مرغوبة في حالة الرغبة في الحصول على البذرة . على أن يؤخذ في الاعتبار ملئ الأصص بتربة متجانسة معروف جيداً نقص العنصر بها . وعند حفظ الأصص في البيوت المحمية يكون من المرغوب فيه التحكم في درجة الحرارة لتجنب التغيرات المحتملة في حالة العنصر.

وقد أفادت تجارب الأصض تحت ظروف البيوت المحمية في دراسة كفاءة الاستفادة من النيتروجين والفوسفور لخمسة آباء وهجنها في الجيل الثاني من الشعير في أصص مزدوجة الجدار متجانسة في مكررات ملئت بتربة رملية – طميية ينقصها العنصرين خلطت ميكانيكيا مع بيت Peat ورمل Quartz بنسبة

4 : 1 : 1 بـالحجم علـى pH 6.6–6.8 ، وخزنت لمدة 8 أسابيع . وتم تقدير تركيز العناصر الميسرة للنبات من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في الوسط وتم تطبيق المعاملات الآتية (**Gorny and Sodkiewicz 2001**) :

1- المقارنة : التسميد ومحتوي الرطوبة الأمثل : 17% محتوي رطوبة (70% سـعة حقلية) مع إضافة العناصر بمعدل 73 مجم نيتروجين ، 70مجم فوسفور و83 مجم بوتاسيوم / كجم تربة.

2- المسـتوي المـنخفض من العناصر : خفض مستوي العناصر مع المحتوي الرطوبي الأمثل وأضيفت العناصر بمعدل 24 مجم نيتروجين ، 30 مجم فوسفور ، 13 مجم بوتاسيوم / كجم تربة.

3- معاملـة الجفاف : التسميد الأمثل ، مع خفض محتوي الرطوبة إلى 7.5% (30 % من السعة الحقلية).

وتـم أخذ عينة من 10 نباتات قسمت إلى قش وأوراق وحبوب ، وقدر الوزن الجاف لهذه الأجزاء بعد التجفيف على 65ْ م لمدة 72 ساعة .

وتم تقدير محتوي تلك الأجزاء من النيتروجين والفوسفور وقيست كفاءة نـباتات الشـعير في تكوين الحبوب على أساس الوزن الجاف للحبوب ومحتوي النيتروجين والفوسفور الكلي في النبات وتم حساب المقاييس الآتية :

1- نسبة كفاءة النيتروجين Nitrogen efficiency ratio (NER)

أي كمية المادة الجافة المنتجة لكل وحدة من نيتروجين النبات .

2- نسبة كفاءة الفوسفور Phosphorus efficiency ratio (PER)

أي كمية المادة الجافة المنتجة لكل وحدة من فوسفور النبات.

3- دلائل كفاءة الاستفادة من النيتروجين والفوسفور NUE , PUE

أي كمية المادة الجافة المنتجة بالكجم/ كجم من العنصر .

طبقاً لـ (**Siddiqi and Glass , 1981**) .

كما أفاد إستخدام الاصص البلاستيكية ملئت برمل ناعم مغسول خالي من الحديـــد في التفريق وراثياً بين سلالة الذرة الرفيعة المحلية 430 TX المتحملة لـــنقص الحديـــد والصنف IS 2219 B الحساس لنقص العنصر وهجين الجيل الأول والثانـــي . وتـــم ري النباتات بمحلول هو جلاند - وأرنون المغذي كل 3 أيام.

وبعد 45 يوم من الزراعة وعند ظهور أعراض نقص الحديد ، تم تقدير الصفات الخضرية الآتية المرتبطة بنقص الحديد **(Mahmoud *et al.*, 2005)**.

1- طول الورقة　　　3- عدد الأوراق الكلي / نبات

2- عرض الورقة　　　4- وزن المجموع الخضري / نبات.

5- التقييم باستخدام مزارع الأنسجة

Evaluation by using tissue cultures

تفـــيد مـــزارع الأنسجة في دراسة حالة العناصر على المستوي الخلوي وفهـــم الأساس الكيموحيوي والفسيولوجي لتحمل نقص العناصر الغذائية . حيث ســـاعدت في دراسة إمتصاص والتوزيع الداخلي للحديد في نبيتات Plantelets قصـــب السكر عمر 60 يوم والناتجة من الصنف Co-Pant 84212 باستخدام نظـــير الحديد المشع 59- Iron لفهم أسباب الأصفرار الناتج عن نقص الحديد. حيـــث لاحظ **Singh** وآخرون **(2003a)** إستمرار إمتصاص الحديد مع الوقت وحـــركة تدريجـــية من الجذور إلى السوق وسجلت مستويات عالية من النشاط الإشعاعي في الجذور.

6- التقييم تحت الظروف الحقلية

Evaluation under field conditions

يقوم مربي النبات ومنتجي المحاصيل بإجراء الدراسات الخاصة بتحمل نقص العناصر الغذائية أكثر ما يكون تحت الظروف الحقلية ويتطلب الانتخاب تحت هذه الظروف وجوب تجانس أرض الحقل لنقص العنصر موضع الدراسة. ويكون من المرغوب فيه زراعة المحصول في الحقل لكشف مدي تجانسه قبل إجراء عملية الانتخاب . ويعتبر الانتخاب تحت الظروف الحقلية أكثر تفضيلا إلى حد كبير مقارنة بالبيوت المحمية للأسباب المنطقية والاقتصادية .

وعموماً يراعى ما يلى فى برامج تقييم جيرمبلازم المحاصيل لتحمل نقص العناصر الغذائية :

1- إختيار مساحة متجانسة من الأرض تمثل الحقل المراد إختباره غير مسمدة بالسماد البلدى .

2- تقسم المساحة إلى قطع تجريبية حسب ظروف الارض وحسب التصميم الإحصائي المتبع وتتراوح مساحة القطعة التجريبية عادة من 100/1 : 1/[illegible] من الفدان .

3- يوزع المعاملات السمادية على القطع التجريبية حسب النظام المقرر للتجربة

4- تحلل النتائج إحصائياً .

ومن التصميمات المتبعة فى هذا المجال ؛ التصميم العشوائى الكامل ، التصميم الشرائحى ، والمربع اللاتينى .

وتحت الظروف الحقلية ، أمكن تقييم ستة أصناف من قمح الخبز مع أصناف مقارنة متحملة ومتوسطة التحمل وحساسة ، زرعت في قطع تجريبية احتوت على 8 سطور بطول 2.5 متر تحت مستويين من البورون صفر ، 1 كجم بورون / هكتار أضيفت قبل الزراعة . وقد قام **Subedi** ومعاونوه

(1997) بتقدير نسبة العقم في السنابل وعدد سنابل المتر المربع وعدد السنابل متأخرة الظهور ووزن 1000حبة ومحصول الحبوب ربطاً مع معاملات البورون.

مقاييس تحمل نقص العناصر الغذائية

1- التبكير في النضج.

2- إرتفاع النبات.

3- عدد الاشطاء أو الفروع الكلية والمنتجة للنبات.

4- الإنتاج الكلي من المادة الجافة.

5- محصول الحبوب.

6- دليل الحصاد = $\frac{\text{محصول الحبوب}}{\text{المحصول البيولوجي}}$ * 100

7- مقاييس كفاءة الاستفادة من العناصر سالفة الذكر (يراجع الباب السابع)

8- دليل تحمل إجهاد العناصر السابق الإشارة إليه (يراجع الباب السابع)

9- التقييم بمجرد النظر .

فقد طور **IRRI** (1996) نظام للتقييم القياسي (SES) لغربلة جيرمبلازم الأرز لنقص الفوسفور والزنك وذلك على مقياس Scal من 1 إلى 9

حيث 1 : يكون عالي التحمل.

9 : يكون عالي الحساسية.

القسم الثالث

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل زيادة أو سمية العناصر الغذائية

Genetics and Breeding Crops for Nutrient Elements Toxicity Tolerance

القسم الثالث

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل زيادة أو سمية العناصر الغذائية

Genetics and Breeding Crops for Nutrient Elements Toxicity Tolerance

مقدمة

تعانى عديد من مناطق العالم القابلة للزراعة من وجود بعض العناصر بمستوى عالٍ يصل أحياناً إلى حد سمية النبات . ويتولد إجهاد السمية من وجود العناصر بنسب تفوق الحدود الحرجة فى بيئة النبات أو فى مجال إنتشار الجذور. فتؤدى الإضافات الزائدة من النيتروجين إلى تراكم النترات والبيوريت السام فى النبات والتأثير على الصحة العامة للإنسان والحيوان . ويؤدى وجود أيون الفوسفور بكميات عالية إلى سمية النبات . كما تؤدى أنيونات الكلورين والكبريتات والكربونات والبيكربونات وكذا أيون الصوديوم إلى ملوحة وقلوية الأرض . كما يحدث إضطراب للعمليات الحيوية بفعل سمية عناصر الألومنيوم والمنجنيز والبورون والكلورين والنحاس والرصاص والكادميوم والحديد والزنك... وغيرها . وبالإضافة إلى سمية هذه العناصر فإنها تؤدى إلى عدم الاتزان الأيونى فى التربة والنبات .

ويرجع إرتفاع تركيز هذه العناصر إلى أنشطة الإنسان المختلفة ، ومن أهمها التلوث بمياه الصرف الصحى ومخلفات المجارى والمصانع وعوادم السيارات والاستخدام غير المقنن للأسمدة والمبيدات . هذا إلى جانب الأمطار

الحامضـــية التى تحتوى على تركيزات سامة من الألومنيوم والمنجنيز وأكاسيد الكبريت وغيرها من العناصر الضارة .

ولا يخفـــى الأضرار التى تسببها سمية العناصر على إنتاجية المحاصيل المـــنزرعة . فقـــد قدر على سبيل المثال مقدار النقص فى المحصول فى جنوب آســـيا نتـــيجة سمية عنصرى الحديد والمنجنيز بـــ 1.8% بما قيمته 8.2 مليون دولار سنوياً (عن : **Chopra, 2001**) .

ويعتبر إزالة أيونات العناصر السامة أو الحد من آثارها أو تحويلها إلى صور غير ميسرة للنبات من الإجراءات غير العملية ، لذا يعتبر تطوير أصناف من المحاصيل الزراعية أقدر على تحمل سمية هذه العناصر من الحلول العملية لهذه المشكلة .

الباب الأول

العناصر الغذائية
Nutrient Elements

يـــبدو مـــن الضـــرورى دراسة مشكلة زيادة العناصر وتحديد تأثيراتها الظاهـــرة علـــى النـــباتات بدقة ، هل ترجع إلى مجرد إنخفاض درجة حموضة التربة، أم إلى زيادة العنصر أو يشترك فيها خليط من مجموعة من العوامل .

أولاً : العناصر الكبرى
Macroelements

النيتروجين Nitrogen

يعتبر محتوى نبات القمح والشعير من النيتروجين (N) الأعلى من 30 جـــم / كجـــم مـــن أنسجة النبات الناضج مستوى مرتفع يمكن أن يضر بالنبات **(Fageria *et al.*, 1997)** .

وتـــبدو النـــباتات الـــتى تتعرض لزيادة النيتروجين بلون أخضر داكن ومجمـــوع خضـــرى غزيـــر وتكـــون عرضـــة للإصابة الميكانيكية والفطرية والحشرية، وعادة تكون ذات مجموع جذرى محدود .

وتظهر مشكلة تلوث المياه الجوفية بالنترات نتيجة الإسراف فى الأسمدة النيتروجينـــية المعدنية ، مما يؤثر على حالة النبات الفسيولوجية ويسبب مشاكل صـــحية للإنســـان تتمثل فى زيادة نسبة البولينا وحدوث الفشل الكلوى وسرطان المرئ والمعدة .

وتظهـــر أعـــراض سمية النترات NO_3^- على النبات أكثر ما يكون مع نقــص محــتوى الأرض مـــن البوتاسيوم ، في صورة إحتراق وضعف حواف الأوراق القديمة ، كما تتجعد أنسجة الورقة بين العروق .

وتؤدى زيادة مستويات أيون الأمونيوم NH_4^+ إلى الحد من إنبات البذور ونمـــو الجـــذور ، كمـــا تبدو أعراض سمية الأمونيوم فى صورة تجعد وجفاف حـــواف الأوراق وإصفرار ونكرزة نصل الورقة ، لاسيما فى محاصيل الحبوب مـــثل القمـــح والشـــعير والذرة الرفيعة والدخن ومحاصيل الألياف مثل القطن . ويحـــدث ذلـــك فى الأراضى الجامضية والقلوية – الصودية نتيجة نقص تيسر وإمتصاص عديد من العناصر الغذائية الأخرى .

وتـ اصناف القمح المكسيكية قصيرة الساق جرعات عالية من نترات الأمونيوم و الأمونيوم مقارنة بالأصناف الهندية الطويلة .

الفوسفور Phosphorus

تـــبلغ نســـبة الفوســـفور (P) الكافية لاحتياج النبات 2 % من الوزن الجـــاف. وتؤدى عملية إجتراف حبيبات التربة إلى حمل الفوسفات الممتز على أسطح الحبيبات إلى المياه السطحية ، حيث تحمل مادة الأرض المجترفة فوسفور أكـــثر مـــن الأرض نفسها بمقدار 3.4 مرة ، وينعكس ذلك سلباً على إمتصاص الزنك والحديد ، مما يؤثر على إنتاجية المحصول المنزرع .

ويعتبر محتوى نبات القمح والشعير من الفوسفور الأعلى من 3.4 جم / كجـــم مـــن أنسجة النبات الناضج مستوى مرتفع يمكن أن يؤثر على فسيولوجى النبات (**Fageria *et al.*, 1997**) .

وتـــبدو أعراض زيادة الفوسفور فى صورة إصفرار ما بين العروق فى الأوراق الحديـــثة ، وحـــدوث نكـــرزة وموت حواف الأوراق القديمة ثم تصفر

الأوراق وتسقط . كما يحدث تقزم شديد للنباتات عند المستويات العالية من الفوسفور ويقل حجم وعدد العقد ، مصحوباً بسمية النباتات .

وتتباين الأصناف فى درجة تحملها للجرعات الزائدة من الفوسفور ، ولقد سجل إمتصاص وإنتقال الفوسفور فى الأصناف المتحملة والحساسة من فول الصويا ، غير أن ظهور أعراض السمية وتطورها كان أسرع على الأصناف الحساسة مقارنة بالمتحملة .

البوتاسيوم Potassium

يعتبر محتوى البوتاسيوم (K) فى المحلول الأرضى الأكثر من 400 جزء فى المليون عالياً ، ويؤدى زيادة مستوى البوتاسيوم عن ذلك إلى نقص إمتصاص الكالسيوم والماغنسيوم ، الأمر الذى يؤدى إلى تغيرات غير مرغوبة فى كيموحيوى وفسيولوجى النبات .

وبالرغم من ندرة حدوث زيادة فى البوتاسيوم فى محلول التربة ، إلا أنه لوحظت تأثيرات سامة للعنصر تشبه سمية الماغنسيوم ، وتقل هذه التأثيرات فى حالة وجود توازن مع الكالسيوم .

وتؤدى التركيزات العالية من البوتاسيوم إلى حث نقص الماغنسيوم وظهور أعراض إصفرار الحديد . ويظهر على أوراق النباتات النامية تحت مستويات زائدة من البوتاسيوم فى صورة كلوريد بوتاسيوم مظاهر إحتراق ، حيث تبدو الأجزاء العلوية من الورقة باللون البنى ، يتجه أحياناً إلى قاعدة الورقة وتضعف وتذبل الأوراق وتسقط على الأرض .

وتظهر على النباتات المنزرعة تحت مستوى عالٍ من كبريتات البوتاسيوم أعراض إحتراق أقل شدة ، ولكن تبدو أكثر إحمراراً عن النباتات النامية فى وجود كلوريد البوتاسيوم . وتكون النباتات فى الحالتين داكنة مائلة إلى اللون الأصفر ، ثم تبدأ فى الموت .

الكالسيوم Calcium

يصل التركيز الأقصى للكالسيوم (Ca) فى محلول التربة حوالى 450 جـزء فى المليون ، وعند وجوده بمستوى يفوق هذا التركيز يصاحب ذلك عديد من التغيرات الفسيولوجية على النباتات الحساسة .

وتظهر على أوراق النباتات التى تسمد بمستويات زائدة من الكالسيوم فى صـورة كلوريـد الكالسيوم ، لون بنى مسود ، ويظهر بها خطوط حمراء فاتحة علـى تعريق الورقة ، كما تظهر بقع حمراء داكنة وتذبل الأوراق وتسقط على الأرض . كما يتحول لون الجذور إلى الأسود وتبدو لزجة .

وتظهر على النباتات النامية تحت جرعات عالية من كبريتات الكالسيوم أعراض أقل شدة مقارنة بتلك النامية تحت جرعات زائدة من كلوريد الكالسيوم ، غير أنها تكون أكثر إحمراراً .

ويعتبر الجوايال من المحاصيل الأكثر تحملاً لإضافة أملاح الكالسيوم . وقـد لوحظـت تأثيرات سامة لإضافة كلوريد الكالسيوم ونترات الكالسيوم على الكـتان وحشيشة الأوركارد مقارنة بكلوريد الصوديوم ، ويرجع ذلك إلى تراكم الكالسيوم والكلوريد فى الأوراق .

الماغنسيوم Magnesium

يـبلغ التركيز الأقصى للماغنسيوم (Mg) فى المحلول الأرضى الذى يمكـن أن يتحمله النبات 200 جزء فى المليون . وتعتبر التركيزات العالية من الماغنسـيوم سامة للنبات ، ويمكن تخفيف هذه التأثيرات بإضافة أيون الكالسيوم إلى البيئة .

وتظهر أعراض الضرر على قمم الأجزاء العلوية من أوراق النبات عن الأجـزاء الموجـودة بقـاعدة الأوراق للنباتات النامية تحت مستويات زائدة من

كلوريــد الماغنســيوم. ويــتحول لــون الأنسجة عند الحواف إلى اللون البنى ، ويصاحب ذلك موت الأوراق وتصبح الأنسجة الموجودة بين العروق فاتحة اللون من القمة إلى القاعدة . كما يتحول لون الجذور إلى البنى الداكن وتبدو لزجة .

الكبريت Sulphur

يتباين محتوى الأراضى من عنصر الكبريت (S) من كميات قليلة إلى 1000مجم / كجم تربة (0.1 %) . وتؤدى المستويات العالية من الكبريت إلى حــدوث مشــاكل فى الأراضى الملحية والكبريتية الحمضية ، والتأثير على نمو النــباتات . ويعتبر محتوى الكبريت الذائب فى حدود 5 مجم / كجم تربة مناسباً لنمو معظم المحاصيل ، غير أن نباتات العائلة الصليبية تحتاجه بنسبة أكبر .

ولقد إزدادت فى الآونة الأخيرة آثار التلوث بثانى أكسيد الكبريت نتيجة إنبعاث نواتج إحتراق الوقود الحجرى ونواتج معامل تكرير البترول والصناعات المختلفة . كما تحمل الأمطار الحامضية نسباً عالية من ثانى أكسيد الكبريت فى سماء المدن الصناعية مؤدية إلى ضرر المحاصيل . حيث قدر المتوسط السنوى لتركيز ثانى أكسيد الكبريت والدخان والأتربة العالقة فى منطقة حلوان (جنوب القاهرة) فوجدت 44.6 ، 64.4 و 394 ميكروجرام / م3 ، على الترتيب وهى تركيزات أعلى من المسموح بها (**Shakour *et al*, 2006**) .

وتظهر أعراض زيادة الكبريت فى صورة إنخفاض معدل النمو وصغر حجــم الورقة وإصفرار الأنسجة بين العروق وفى النهاية يحدث احتراق أوراق النبات .

ثانياً : العناصر الصغرى
Microelements

الألومنيوم Aluminum

تعتبر سمية عنصر الألومنيوم (Al) أحد محددات زراعة المحاصيل فى الأراضى الحامضية وإنتاج الغذاء فى عديد من الأقطار التى ينخفض pH أراضيها عن 5.0 . ولعل إنتاج وزراعة الأصناف المتأقلمة وراثياً مع ظروف الأراضى الحامضية ، قد يسمح بحل هذه المشكلة البيئية .

ويعتبر الألومنيوم من المعادن الشائعة فى الأراضى ويمثل مشكلة فى حوالى 30–40 % من المساحة القابلة للزراعة ، وينتشر فى أكثر من 50 % من أراضى البرازيل .

ويندر أن يزيد تركيز الألومنيوم فى الأراضى عن 4 جزء فى المليون . وتظهر سمية عنصر الألومنيوم بوضوح عند pH أقل من 5.5 حيث يزداد تيسره وإمتصاصه بواسطة النبات .

ويرجع التأثير الأساسى لسمية الألومنيوم إلى إحداثه عدم ثبات للغشاء البلازمى . وتتفاعل الصور المعقدة للعنصر مع مختلف الجزيئات الحيوية ، ومنها حمض الستريك . ويعتبر حمض الستريك من الجزئيات الحيوية المسئولة عن مقاومة أصناف المحاصيل لسمية عنصر الألومنيوم . كما يؤدى الهلام النباتى Mucilage الذى تفرزه بعض أصناف المحاصيل إلى نقص إمتصاص الألومنيوم بواسطة الجذور . وترجع الاضطرابات المختلفة الراجعة إلى سمية الألومنيوم إلى إرتباطه بالبروتينات مؤدياً إلى تغير طبيعة البروتين . كما يؤدى إلى تغيرات فى الكالموديولين Calmodulin الذى يعتبر مفتاح سمية الألومنيوم فى خلايا النباتات حقيقية النواة .

وتظهـــر أعراض زيادة عنصر الألومنيوم على أوراق الذرة الرفيعة فى صـــورة إصـــفرار مشـــابهة فـــى ذلك لأعراض نقص الحديد ، وتُظهر بعض الأصناف أعراض مشابهة لنقص الفوسفور .

وتؤدى سمية الألومنيوم إلى نقص نمو ومعدل إستطالة الجذور مؤدياً إلى تغيرات لونية وتثبيط تكوين جذور جانبية . وتبدو الجذور أقصر وأسمك وأخشن.

وبصـــفة عامـــة ، تكـــون البادرات أكثر حساسية لسمية الألومنيوم من النـــباتات الـــبالغة . وفـــى عديد من الأنواع النباتية ، يصاحب سمية الألومنيوم حـــدوث نقص فى عناصر الفوسفور والكالسيوم والحديد ، كما تتطور أعراض نقص عديد من العناصر الأخرى .

وتتباين أنواع وأصناف المحاصيل فى تحمل زيادة مستوى الألومنيوم فى الـــتربة . وفـــيما بين محاصيل الحبوب ، يعتبر الراى أكثر تحملاً يليه الشوفان فالقمح ثم الشعير (**Gallego and Benito, 1997**) . وتعتبر طرق التربية والانـــتخاب لتحمل سمية الألومنيوم من الأمور الهامة ، خاصة عند توفر طرق فعالـــة فـــى التقييم ومعرفة النظام الوراثي والذى يسمح بتحسين أقلمة الأصناف تحت هذه الظروف .

ويمكـــن التغلـــب علـــى مشكلة سمية عنصر الألومنيوم بإضافة الجير وإستخدام الأنواع والأصناف المتحملة .

المنجنيز Manganese

تعتـــبر ســـمية المنجنيز (Mn) ثانى أهم المشاكل الشائعة فى الأراضى الحامضـــية والـــتى تظهر بوضوح عند مستوي حموضة pH 5.5 أو أقل ، كما تحدث سمية المنجنيز تحت ظروف التهوية السيئة فى الأراضى الغدقة والمندمجة عنـــد pH 6 أو أعلـــى ، حيـــث يختـــزل المنجنيـــز إلـــى الصـــورة الثنائيـــة الميســـرة إلـــى الدرجـــة الـــتى قـــد يصـــبح معهـــا تركـــيزه فـــى

المحلـــول الأرضـــى ســـاماً ، مما يسبب مشاكل للنباتات النامية بتلك الأراضى لاسيما تحت ظروف الحرارة العالية والجفاف .

وتظهـــر أعراض سمية المنجنيز على النبات إذا زاد تركيزه عن 500 جـــزء فى المليون ، ويشذ عن ذلك نبات الأرز ، حيث وجد أن هذا النبات شديد الـــتحمل لزيادة المنجنيز فى وسط النمو حتى إذا وصل التركيز إلى 2500 جزء فـــى المليون ، وتبلغ حدود السمية لعنصر المنجنيز فى أوراق المحاصيل الحساسة مثل الـــذرة الشامية والبسلة من 200 – 300 مجم / كجم مادة جافة ، أما فى المحاصيل متوسطة الحساسية مثل فول الصويا والقطن فيتراوح بين 600 – 750 ، فـــى حين يصل فى المحاصيل المتحملة مثل الأرز وزهرة الشمس والبطاطا إلى >1500جزء فى المليون .

وتؤدى سمية المنجنيز إلى نقص نشاط مختلف الإنزيمات ، غير أنه يُزيد مـــن مستوى الإنزيمات المؤكسدة Oxidases مثل أندول حمض الخليك ويؤدى إلى نقص التنفس ومستويات الطاقة ATP والتأثير على تمثيل الكالسيوم والحديد.

وتظهـــر أعراض السمية فى الغالب على المجموع الخضرى فى صورة إصفرار يبدأ من حواف الأوراق القديمة ويتحول إلى اللون البنى مع عدم إنتظام توزيـــع الكلوروفـــيل ونكرزة وتجعد الأوراق وتأخذ الورقة شكل الكوب . وفى الفاصوليا ، يتحول لون الأنسجة بين العروق إلى الأصفر – البرونزى . وتختلف الأعراض باختلاف نوع النبات . .

ويمكـــن التغلـــب علـــى مشكلة سمية المنجنيز بزراعة أنواع وأصناف المحاصـــيل المـــتحملة أو إضـــافة الجير ، أو الرش بمحلول 0.1% من سلفات المنجنيز .

البورون Boron

يعتـــبر الـــبورون (Bo) من العناصر المغذية الصغرى ، إلا أنه يصبح ساماً للنبات فى حالة وجوده فى التربة بكميات تزيد عن 200 جزء فى المليون . وقـــد لوحظ تأثر نمو معظم نباتات المحاصيل عند وجوده بتركيز يزيد عن 50 إلى 200 جزء فى المليون .

وتراوح الحد الحرج لتركيز البورون فى المجموع الخضرى للشعير من 50–70 مجـــم / كجـــم وزن جاف فى مرحلة البلعمة . وبلغ متوسط محتوى البورون فى الأصناف المتحملة 22.8 مجم / كجم ، وحدثت السمية فى الأصناف الحساسة عند 56 مجم / كجم فى القش و 323 مجم / كجم فى الجزء العلوى من النبات (**Cartwright *et al.*, 1986**) .

وتـــؤدى الـــزيادة فى تركيز البورون إلى إعاقة النمو الطبيعى للنبات ، وظهـــور أعـــراض السمية والتى تتمثل فى إحتراق قمم الأوراق وظهور اللون الأصـــفر الباهت والذى ينتشر بين العروق الجانبية متجهاً إلى العروق الوسطى ويؤدى إلى شيخوخة الأوراق . كما يقل حجم المجموع الجذرى والخضرى ويقل طول النبات ويتأخر النمو والتطور .

وتظهـــر مشـــكلة ســـمية البورون فى الأراضى الموجودة فى المناطق الجافة، وخاصة فى الأراضى الملحية الصودية والأراضى الناشئة من الترسيبات الـــبحرية والأراضـــى الـــتى يـــتم ريها بمياه ذات محتوى مرتفع من البورون والأراضى الناشئة من مادة أصل غنية فى البورون وأخيراً الاستهلاك الزائد من الأسمدة الحاملة للبورون . ويمكن معالجة سمية البورون فى الأرض عن طريق إســـتخدام الأسمدة النيتروجينية وخاصة نترات الكالسيوم ، حيث ثبت كفاءة هذا الســـماد فـــى معالجة سمية البورون . كما يساعد إضافة الجير بكمية معتدلة فى

عـــلاج آثـــار السمية . ويعتبر زراعة أنواع وأصناف حاصيل المتحملة من الحلول العملية لهذه المشكلة .

الكلورين Chlorin

تظهـــر أعراض السمية الناتجة عن زيادة الكلورين (Cl) على النبات عـــند وجوده بتركيز 700 جزء فى المليون فى المحلول الأرضى وبتركيز 3.5 جـــم كلوريـــن / كجـــم وزن جاف من أوراق النبات . ويبدو هذا التركيز ساماً للمحاصيل الحساسة مثل القطن والدخان والبقوليات والبطاطس وأشجار الفاكهة، وتبدو سمية الكلورين أكثر ظهوراً فى الأراضى المتأثرة بالأملاح أو فى المناطق الساحلية .

وتتمـــثل الأعـــراض الـــناتجة عن السمية فى إحتراق حواف الأوراق ، وظهور اللون البرونزى ويقل حجم الورقة مع النضج المبكر للأوراق وإصفرار الأوراق الحديـــثة ثم سقوطها . وتختلف المحاصيل فى درجة حساسيتها وبالتالى فى درجة تحملها للكلورين فى التربة ، فتعتبر محاصيل بنجر السكر ، الشعير ، الـــذرة الشـــامية ، الســـبانخ والطمـــاطم عالية التحمل . فى حين تعتبر اللوبيا ، الفاصـــوليا ، الموالـــح ، الـــبطاطس ، الخـــس وبعض البقوليات من المحاصيل الحساسة لسمية الكلورين .

النحاس Cupper

يبلغ تركيز النحاس (Cu) فى القشرة الأرضية 80 جزء فى المليون ، وقد وصل تركيزه فى الطبقة السطحية من التربة فى المناطق القريبة من مصادر التلوث الصناعى 350 جزء فى المليون .

وتظهر أعراض سمية النحاس إذا تعدى تركيزه فى النبات عن 20 جزء فى المليون ، وتظهر أعراض السمية على غالبية النباتات ومنها القطن ، البرسيم الحجازى ، فول الصويا والذرة الشامية إذا زاد تركيزه عن 30 جزء فى المليون (عن : الـ **FAO, 1983**) .

وتظهـــر أعراض سمية النحاس بكثرة مع الاستخدام الزائد للأسمدة التى تحتوى على النحاس وكذا المبيدات الفطرية والحشرية .

ويـــؤدى زيـــادة أيـــون الـــنحاس إلـــى تثبيط نشاط أنزيمات RUBP carboxylase فى الشعير وإنزيم PEP carboxylase فى الذرة الشامية .

وتظهـــر أعـــراض سمية النحاس على النباتات عند تراكمه فى الجذور وإنتقال كميات قليلة منه إلى المجموع الخضرى ، فتبدو الجذور قصيرة داكنة مع نهايات سوداء وظهور عدد من الجذور الجانبية . كما ينخفض محتوى كلوروفيل الورقـــة ونسبة كلوروفيل أ : ب فتبدو الأوراق صفراء مشابهة لأعراض نقص الحديد ، ويقل حجم المجموع الخضرى ويقل التفريع والمحصول . وقد بلغ نسبة النقص فى محصول الشوفان من 40–70 % فى التربة التى إحتوت على 0.4 جم نحاس / كجم تربة (**Tikhomirov *et al.*, 1988**) .

ويمكـــن علاج سمية النحاس بإضافة مركبات الحديد المخلبية إلى التربة او رشاً على الأشجار إلى جانب زراعة الأصناف المقاومة لسمية العنصر .

الحديد Iron

تنتشـــر أعـــراض ســـمية الحديد (Fe) فى عديد من دول العالم ومنها الفلبين وماليزيا وأندونيسيا وتايلاند وبورما وبنجلاديش والهند وسريلانكا وليبريا وسيراليون وكولومبيا .

وتـــزداد ســـمية الحديد فى الأراضى شديدة الحموضة نتيجة تواجد أيون الحديـــدوز بتركيز مرتفع قد يصل إلى حد السمية للنباتات النامية . ويتحول لون الأوراق القديمة إلى البرونزى ، مستحثاً نقص الفوسفور والبوتاسيوم والزنك .

ويـــبلغ حـــد الســـمية لعنصـــر الحديد 500 ملجم / كجم مادة جافة من الأوراق. وتتبايـــن أصناف المحاصيل فى درجة تحملها لسمية الحديد . وتعتبر أصـــناف أرز المـــناطق المرتفعة أكثر حساسية لسمية الحديد من أرز المناطق المنخفضة مؤدياً إلى نقص فى المحصول بحوالى 10–20 % .

وقد بلغ تركيز الحديد فى أوراق نباتات الأرز الأقل تأثراً **680** جزء فى الملـــيون مقارنة مع 560–580 جزء فى المليون فى النباتات عالية الحساسية للحديد ويتغير لون الورقة إلى البرونزى (**Bacha and Ishiy, 1987**) .

وفى فول الصويا ، بلغ تركيز الحديد فى الأوراق غير المتأثرة للصنف Bossier 290 جـــزء فـــى الملـــيون فى حين بلغ 702 جزء فى المليون فى الأوراق المتأثرة (**Batagwa and Mascarenhas, 1981**) .

الزنك Zinc

تظهـــر أعـــراض سمية الزنك (Zn) على النبات إذا زاد تركيزه فى الأوراق عـــن 100 جزء فى المليون . وتبلغ حدود السمية للزنك فى محاصيل الذرة الشامية وفول الصويا والقمح والشعير حوالى 150 جزء فى المليون وفى الموالـــح 200 جـــزء فـــى الملـــيون وفـــى الشـــوفان 400 جزء فى المليون (عن : الـــ **FAO, 1983**) .

ويلاحـــظ أن عشائر المحاصيل المتحملة للزنك ، قد تكون غير متحملة لعناصـــر أخرى مثل النحاس والرصاص والنيكل .

تؤدى زيادة الزنك إلى إصفرار الأوراق نتيجة نقص محتوى الكلوروفيل وتغـــير تركيـــب الكربوهيدرات من أثر حث الزنك لنقص الحديد ، الأمر الذى يــؤدى إلى تثبيط إمتصاص الحديد بالجذور ونقص إنتقاله إلى الأوراق . ويؤدى زيـــادة الـــزنك إلى نقص إنتقال المنجنيز إلى قمة النبات ، كما يؤدى إلى التأثير علـــى أنويـــة الخلايـــا والانقسام الميتوسى وإنخفاض صافي التمثيل الضوئى . ويحـــدث نقـــص فى نمو وتمدد الجذور وتتحول إلى اللون الأسود ويزداد حجم المجموع الخضرى بالنسبة للمجموع الجذرى .

الرصاص Lead

يـــنطلق الرصـــاص (Pb) إلـــى الهواء من عادم السيارات وغيره من المصـــادر ، ويصـــل فـــى نهاية الأمر إلى التربة . ويميل الرصاص الممتص بواســـطة النبات إلى البقاء في الجذور ، كما تنتقل كميات معنوية منه إلى أعلى النبات ، وبذا يصبح خطراً على النبات والصحة العامة للإنسان والحيوان .

تظهـــر أعراض سمية الرصاص على نباتات المحاصيل إذا زاد تركيزه فـــى التربة عن 100 ملليجرام / كجم.ويؤدى زيادة تركيز الرصاص فى أنسجة النـــبات عـــن 30 جزء فى المليون إلى الحد من نمو وإستطالة الجذور الأولية، وتقـــل مســـاحة الأوراق ويقـــل محـــتوى الكلوروفيل ومعدل التمثيل الضوئى ، ويـــنخفض معـــدل الانقسام الخلوى فى قمم جذور الذرة الشامية وينخفض نشاط إنـــزيم PEP carboxylase ويقل محتوى مركبات الطاقة ATP ، ويؤدى كل هذا إلى نقص إنتاج المادة الجافة .

تظهـــر أوراق النباتات التى تعانى من زيادة الرصاص بنية محمرة مع وجود بقع ميتة فى صورة نكرزة محاطة بلون أحمر . وتتأثر قمم الأوراق أكثر

مـــن قاعدة الورقة وتتقدم الأعراض بشدة من الحافة إلى العرق الوسطى وتبدو الجذور قصيرة خشنة مع عدد أقل من الجذور المساعدة .

الكادميوم Cadmium

يــؤدى وجود الكادميوم (Cd) فى التربة بمدى أكثر من 10 إلى 30 جـــزء فــــى المليـــون وفى الأنسجة النباتية بمدى أكثر من 5 إلى 30 جزء فى المليون إلى نقص إنتاج المادة الجافة .

وتـــؤدى التركيزات العالية من الكادميوم إلى نقص نسبة الإنبات وطول الجـــذور والسيقان والوزن الغض والجاف للأعضاء النباتية ونقص فيتامين B_2 و C و α-tocopherol وكـــذا محتوى الكلوروفيل والكارتينويدات نتيجة تأثيره على تخليق حمض laevulinic 5-amino . كما تثبط أيونات الكادميوم تخليق عديـــد الببتـــيد والتراكيـــب فوق المجهرية للكلوروبلاست وتأخير تكوين غشاء الثـــيلاكويد وأغشـــية الجـــرانا كمـــا يثبط الكادميوم نشاط إنزيمـــى RUBP carboxylase, PEP carboxylase .

كمـــا يقلـــل الكادمـــيوم مـــن معدل إنقسام الخلايا ويزيد من الشذوذات الكروموسومية فى خلايا قمة الجذور .

ويـــتحول لـــون الأوراق مـــع زيادة الكادميوم إلى اللون الأحمر الشديد (المحـــروق) مـــن الحافة إلى العرق الوسطى . وتبدو الأوراق المتأثرة بشدة حمراء ساطعة عن الأوراق السليمة . وتكون الجذور حمراء داكنة ، صغيرة مع عدم وجود نموات على الجذور الثانوية .

ويعتـــبر محـــتوى الكلوروفـــيل والفيتامينات والنترات ونشاط أنزيمات Glutamate dehydrogenase ، Nitrate reductase مـــن أكثر المؤشرات حساسية للدلالة على سمية الكادميوم .

الكوبلت Cobalt

يتأثر نمو معظم نباتات المحاصيل عند وجود الكوبلت (Co) فى التربة بمـــدى مـــن 25 – 50 ملليجرام / كجم تربة ، فى حين تبلغ حدود السمية فى أنسجة النبات الناضج من 15 – 50 ملليجرام / كجم مادة جافة .

تشبه أعراض زيادة الكوبلت أعراض نقص الحديد ، باستثناء أنها تظهر علـــى الأوراق الحديثة بمجرد تكشفها فى صورة شحوب وإصفرار ولا تلبث أن تموت . وتبدو الجذور قصيرة خشنة ويتوقف نمو النبات .

النيكل Nickel

تظهـــر أعـــراض ســـمية النيكل (Ni) على النبات إذا زاد تركيزه فى الـــتربة عن 100 ملليجرام / كجم تربة . وتتراوح حدود السمية فى النبات من 10– 100 ملليجرام / كجم مادة جافة من أنسجة النبات الناضـج . وتؤدى سمية النـــيكل إلـــى نقـــص معدل نمو النبات فى محاصيل البقول . كما يحدث إنغلاق جزئى للثغور ، فى حين لم ينخفض الجهد المائى للأوراق والسيقان . وقد سُجل نقـــص فـــى محصول الحبوب والقش فى الشوفان بحوالى 39 و50 % ، على التوالى .

وقد لوحظ فى النباتات المتأثرة بسمية النيكل حدوث تثبيط لعملية اللجننة و / أو ســـمك خلايا الهيبودرمس وتثبيط تميز وتكشف الأنسجة الوعائية ونقص عدد طبقات الخلايا ومساحتها .

وقد لاحظ **Setia** **وآخرون (1988)** عند معاملة نباتات القمح بكلوريد النيكل بتركيز 300 ، 400 مجم / لتر ، حدوث نقص فى عدد سنيبلات السنبلة، وعـــند تركـــيز 500 مجم / لتر حدث توقف لتطور وظهور السنبلة فى الصنف WL 711 .

وتشــبه أعــراض زيــادة النــيكل أعراض نقص الحديد أيضاً ، وهذه الأعــراض لا تنتشــر قرب قمة الورقة كما هو الحال فى نقص الحديد . وتبدو الأوراق الصــغيرة عند مراحل النمو المبكرة شاحبة اللون مصفرة تشبه فى ذلك أعــراض نقص الحديد مع ظهور نكرزة شديدة وتتجعد الورقة وتموت . وتظهر بــالأوراق القديمــة صــبغات برتقالــية . وتبدو الجذور قصيرة خشنة مشابهة لأعــراض زيــادة الألومنيوم ولكن ليس بنفس الشدة . وتؤدى إضافة الجير إلى الحد من سمية النيكل .

الزئبق Mercury

تــزداد كميات الزئبق (Hg) الواصلة للهواء والماء إلى بيئة النبات مع إســتخدام المبيدات والأنشطة الإشعاعية . وتحت ظروف التهوية السيئة يتحول الزئبق غير العضوى إلى ميثايل الزئبق ذو السمية الشديدة .

ويــؤدى وجــود الزئــبق فــى الأراضى الزراعية بمدى يزيد عن 10 ملليجرام / كجم تربة وفى أنسجة النبات بمدى يزيد عن 1 إلى 3 ملليجرام / كجم مادة جافة إلى سمية النبات .

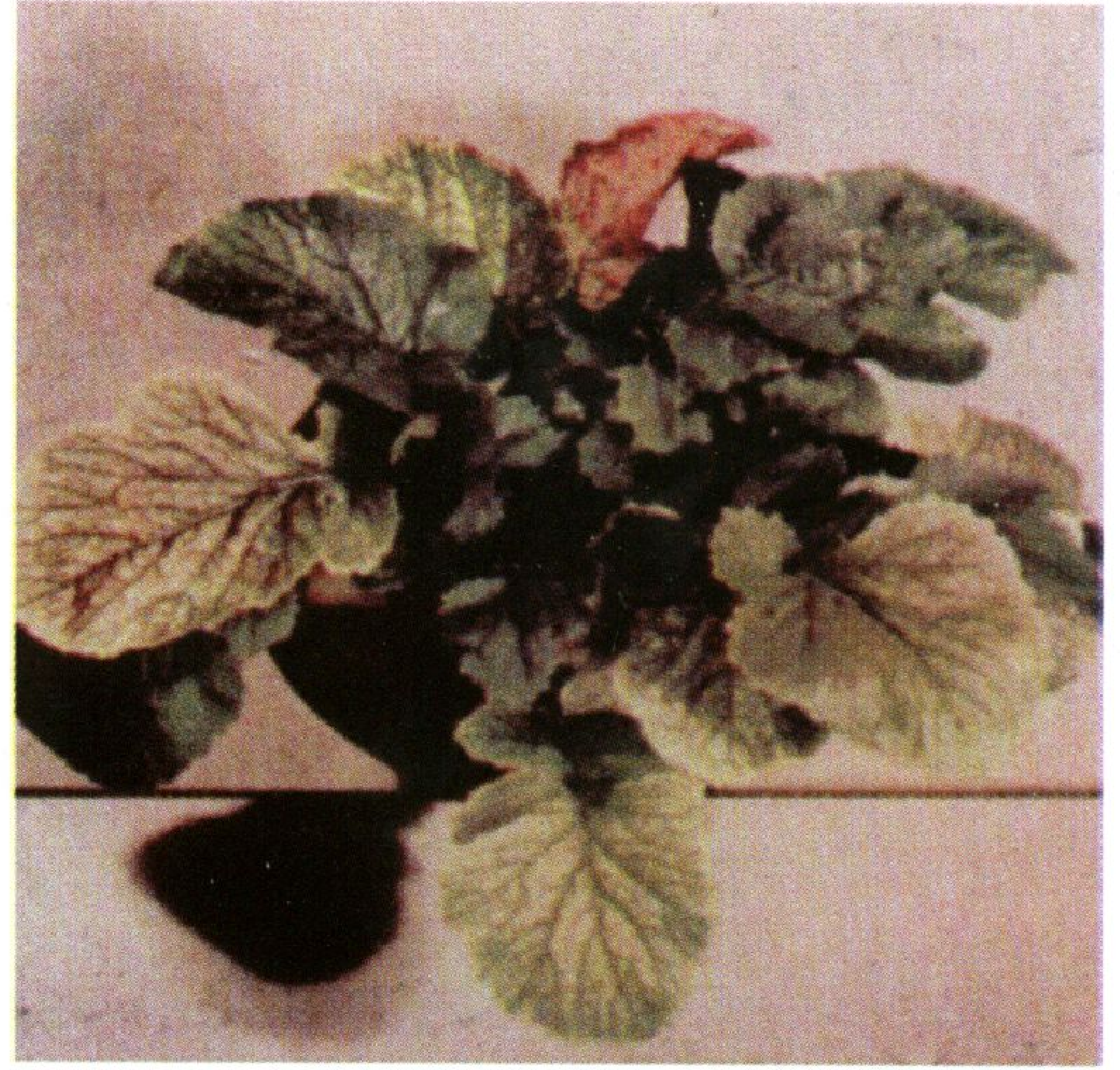
وينــتج عــن زيــادة الزئبق تحول لون الأوراق إلى البنى المسود ، مع ظهــور نكرزة وبقع داكنة ، وتصبح الأوراق منفذة للماء ، جلدية وتلتف بشدة ، ويثبط أحياناً نمو الجذور إلا أنها تكون أقرب إلى الطبيعية .

الموليبدنم Molybdenum

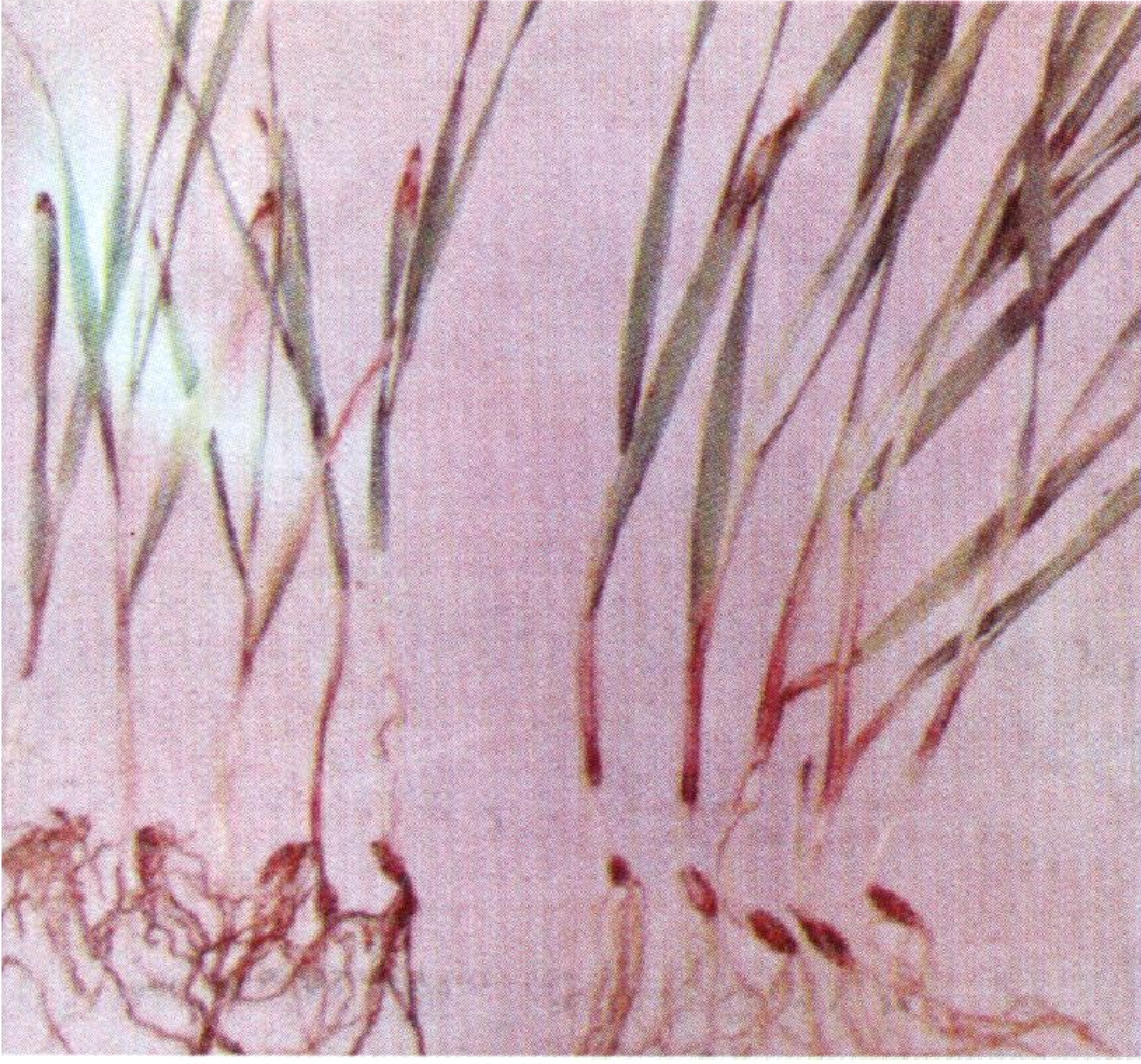
تحــدث سمية الموليبدنم (Mo) عند وجوده بتركيزات عالية جداً تصل إلــى أكــثر من 1500 جزء فى المليون . ويحدث تراكم للعنصر فى الأوراق وتــتلون بــاللون الذهــبى وهو ما لوحظ فى نباتات زهرة الشمس ، الفاصوليا والطماطم .

ويــؤدى زيادة مستوي الموليبدنم فى محاصيل العلف وعدم إتزان النسبة بيــنه والنحاس فى العليقة إلى ظهور مرض teart ، لاسيما عند زيادة محتوى العلـيقة من الموليبدنم عن 5 – 10 جزء في المليون . ويؤدى إستنشاق الإنسان للموليبدنم إلى ظهور مرض النقرس وتسوس الأسنان وتشوه العظام .

نماذج لأعراض سمية بعض العناصر الغذائية على نباتات المحاصيل صفحة 338 .



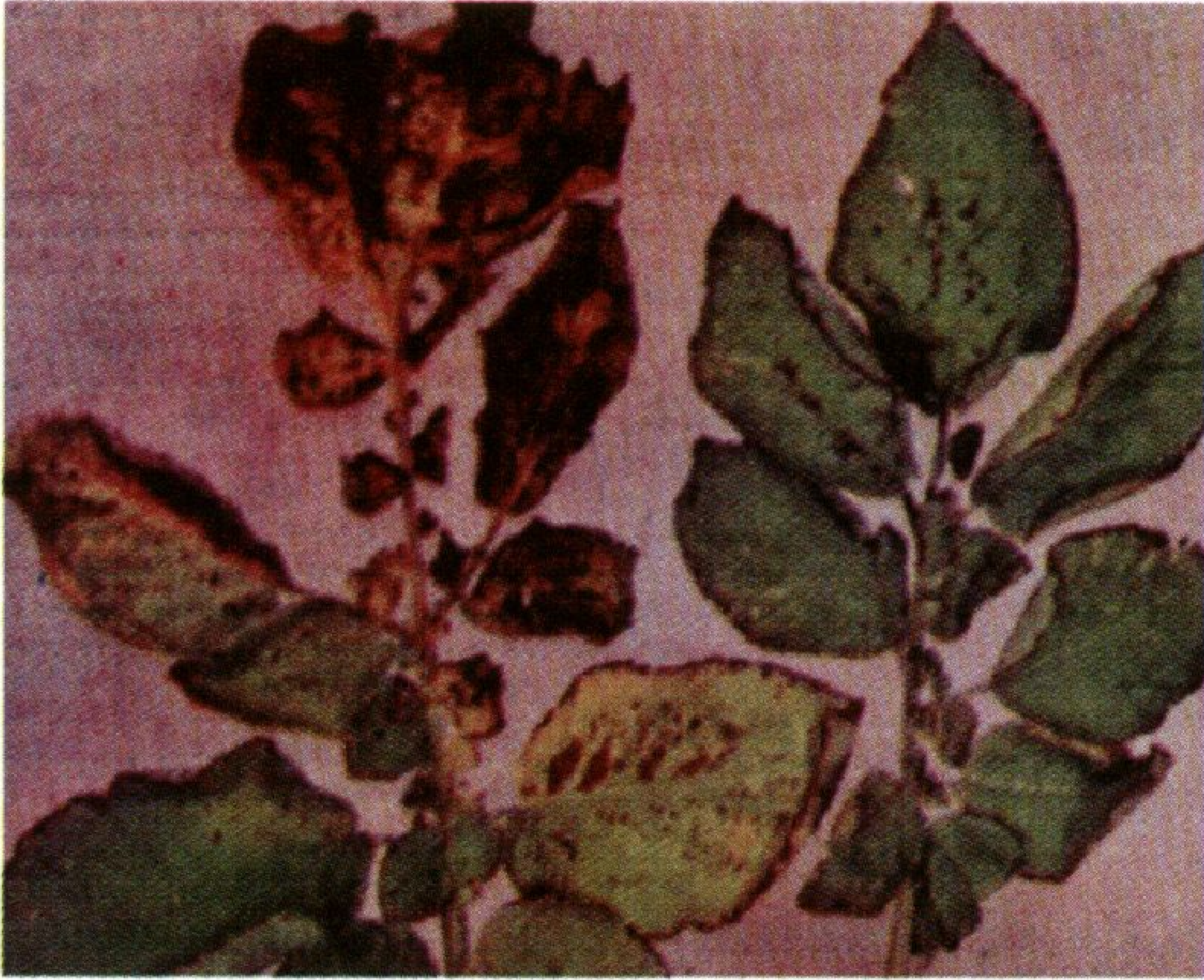
أعراض سمية الماغنسيوم
على نبات السلجم



أعراض سمية الألومنيوم
على نبات الشعير



أعراض سمية المنجنيز على نبات الريب



أعراض سمية البورون على نبات البطاطس



أعراض ضرر الكلورين على نبات البطاطس

الباب الثانى

ميكانيكية السمية وطبيعة المقاومة

Mechanism of Toxicity and Nature of Resistance

يؤدى وجود العناصر فى بيئه النبات بكميات أعلى من المستويات القصوى إلى حدوث إنحرافات مرضية داخلية وخارجية ، تظهر على جميع أعضاء النبات أو على أى جزء منها مثل الأوراق ، السيقان ، الجذور ، الأزهار، الثمار والبذور . ويرجع التأثير السام لهذه العناصر على النبات إلى ما يلى :

1- إحداث تغيرات فى نفاذية أغشية الخلايا .

2- التنافس مع العناصر الضرورية عند الامتصاص .

3- ميلها إلى الإرتباط مع مجاميع الفوسفات والمجاميع النشطة لمركبات الطاقة ATP , ADP .

4- تحل محل الأيونات الضرورية فى التفاعلات الحيوية .

5- إحتلال المواقع الفعالة فى المجاميع الأساسية للفوسفات والنترات والأرسينات والفلورات والبورات والبرومات والسلفات والتنجستات

وتعتمد مقاومة أصناف المحاصيل لسمية العناصر على ميكانيكية التحمل Tolerance والتجنب Avoidance ، كما سجلت حالات من الإستبعاد Exclusion للعناصر السامة . ويمكن سرد الآليات المسئولة عن المقاومة فى الآتى :

1- التركيب الوراثى Genetic makeup

ممـــا لا شك فيه أن مقاومة أصناف المحاصيل لسمية العناصر المعدنية تعـزى فـــى كثير من الحالات إلى وجود عوامل وراثية تتحكم فى هذه القدرة. فـتوجد جيـــنات تتحكم فى هدم سمية Detoxication الألومنيوم فى قمم جذور سـلالات القمح المتحملة ، وجينات تتحكم فى تحمل أصناف الأرز لسمية الحديد وأخرى يتحكم في مقاومة فول الصويا للمستوى الزائد من أيونات الفوسفات فى بيئة النبات ... وغيرها من الأمثلة التى تؤكد دور التركيب الوراثى فى مقاومة سمية العناصر .

2- إعادة توزيع العناصر Mineral redistribution

يحـــدث فى النباتات المقاومة لسمية العناصر بعض الأشكال من التجزئ بين الخلوي ، ويمثل ذلك دوراً حيوياً في عملية التحمل والإستبعاد من المجموع الخضـــرى ، وهـــو مـــا لوحـــظ فى بعض أصناف الراي والترتيكال والبرسيم الحجـــازى المقاومة لسمية الألومنيوم والمنجنيز . كما قد يحدث خلب للألومنيوم في الجذور بواسطة الأحماض العضوية .

3- الاســـتبعاد مـــن الأعضـــاء النباتية Exclusion from plant organs

يحـــدث إستبعاد لبعض العناصر السامة من داخل الجذور . حيث سُجل إســتبعاد للمنجنيز من السيقان عبر الجذور في الأصناف المقاومة . كما أعزى تحمـــل أصـــناف القمح والشعير لسمية البورون إلى الاستبعاد الجزئى أو نقص معـــدل إمتصاصه بالجذور وإنتقاله إلى المجموع الخضرى . كما سُجل إستبعاد للألومنيوم من جذور صنف القمح أطلس 66 ، وأعزى ذلك إلى خصائص أغشية

خلايــا الجذور ، الأمر الذى صاحبه إنخفاض محتوى الألومنيوم فى النبات. وقد لوحــظ تــراكم مستويات عالية من الألومنيوم فى الأوراق القديمة والتى تستبعد بتساقط الأوراق ، فى حين تحتوى الأوراق الحديثة على مستويات منخفضة نسبياً من العنصر وهو ما لوحظ فى نبات الشاى .

4-نقــص معــدل إمتصاص وإنتقال العنصر Decrease of mineral uptake and transport

لوحــظ أن بعض نباتات المحاصيل المقاومة لسمية الألومنيوم ترفع من درجــة حموضة بيئة الجذور ، ويؤدى ذلك إلى نقص تيسره وإمتصاصه ، وقد عرفــت هــذه الحالة فى مقاومة أصناف القمح والشعير والأرز والذرة الشامية والبســلة . كما لوحظ إنخفاض معدل إنتقال المنجنيز من الجذور إلى السيقان فى الذرة الشامية .

هــذا وقــد تمــيزت النــباتات المــتحملة للنحاس بالقدرة على الحد من إمتصــاص وإنتقال العنصر عبر الأغشيه , إنتاج النبات مركبات مخلبية تحتوى علــى أحماض أمينية مثل السيستين تعمل على خلب العنصر وحجزه على جدار الخلية والسطوح البينية لغشاء البلازما وهو ما لوحظ فى الذرة الشامية والبسلة .

5-خفــض تــراكم العنصـــر بالأعضاء النباتية Reduce of mineral accumulation in plant organs

لقد أعزى تحمل أصناف المحاصيل لسمية النترات والفوسفات إلى قدرة النبات على خفض تراكم هذه الأنيونات فى الأعضاء النباتية . وتعتمد ميكانيكية تحمــل القمح والراى لسمية الألومنيوم على تثبيط تراكم الألومنيوم فى الأجزاء المرستيمية للجذور ، كما يحدث أكسدة دائمة لصورة المنجنيز Mn^{2+} فى الجذور

إلـــى الصور Mn^{3+} ، Mn^{4+} غير الميسرة للنبات ، ويكون معدل الأكسدة عالى فى الأصناف المقاومة .

6-خصائص التغذية Nutrition properties

وجـــد أن المقاومة لسمية الألومنيوم ربما يكون مسئولاً عنها خصائص الـــتغذية ، وهـــو مـــا لوحظ فى تحمل أصناف قصب السكر للتركيز العالى من الأمونيوم NH_4^+ فى الأراضى شديدة الحموضة ، وفى قدرة أصناف القمح على إســـتخدام النترات No_3^- فى وجود تركيز عالى من الأمونيوم وفى مقاومة القمح والـــذرة الشـــامية والطماطم لنقص الفوسفور ، تحت ظروف مستوى الفوسفور المنخفض فى التربة .

الباب الثالث

أسس مقاومة المحاصيل لإجهاد سمية العناصر
Fundamentals of Crop Resistance to Mineral Stress Toxicity

الصفات النباتية والمعايير الانتخابية
Plant Characters and Selection Criteria

يتوقف إستخدام معيار إنتخابى معين فى برنامج التربية على نوع العنصر ومستوى وجوده وسهولة تقديره . وتتعدد الصفات النباتية المسئولة عن التحمل و / أو المقاومة ، سواء المورفوفسيولوجية أو الكيموحيوية والتى يمكن تناولها على النحو التالى :

أولاً : الصفات التركيبية والمورفوفسيولوجية Structural and morpho-physiological characters

1- صفات المجموع الخضرى Shoot system characters

لما كانت سمية العناصر تؤثر على نمو الجذور ، ومن ثم على نمو المجموع الخضرى ، لذا تعتبر قوة النمو واحدة من الصفات الفسيولوجية الهامة فى برامج غربلة جيرميلازم المحاصيل لتحمل سمية العناصر وهو ما وجد فى سلالات الراى المقاومة لسمية الألومنيوم (Hede *et al.*, 2002) .

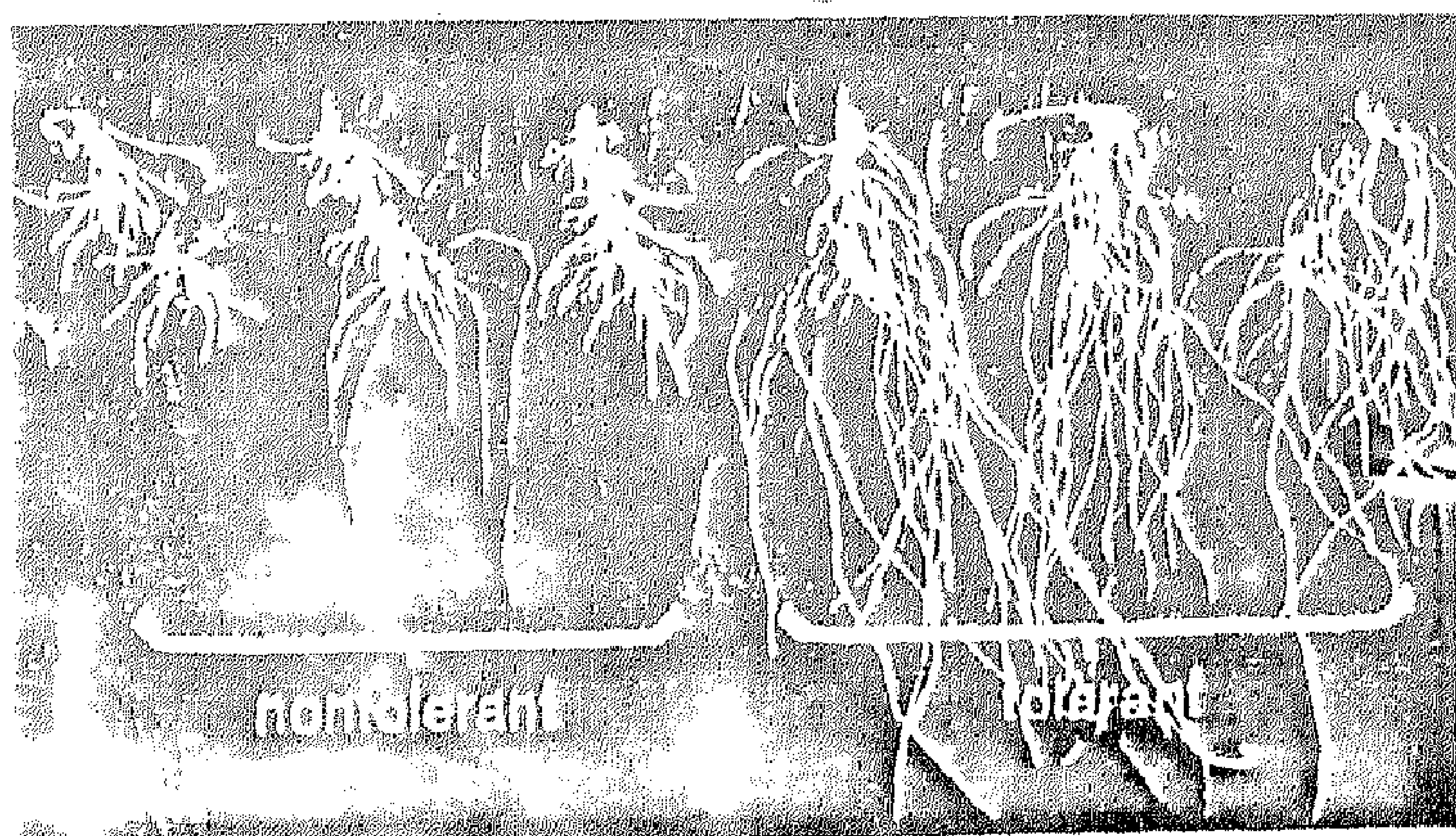
وتستخدم القدرة على إنتاج المادة الجافة مقدراً فى صورة الوزن الجاف للمجموع الخضرى معياً ... تحت ظروف البيئة الغذائية والحقلية

ويمكـــن إنـــتخاب السلالات الناتجة من برامج التهجين على أساس نمو المجمـــوع الخضرى تحت ظروف إجهاد سمية العنصر وظروف عدم الإجهاد ، وملاحظة متوسط السلوك والنقص الناتج عن تأثير السمية .

وتتبايـــن الأنواع النباتية وأصناف النوع الواحد فى درجة التحمل ، وقد تمـــيزت أصـــناف القمح المتحملة لإجهاد التلوث بالعناصر بزيادة الوزن الجاف للمجموع الخضرى وزيادة حجم الجذور **(Blaha and Petrikova, 1991)** كمـــا كان صنف قمح الديورم Balcali أكثر قدرة على تجنب إمتصاص وإعادة إنـــتقال الكادمـــيوم فى المجموع الجذرى والخضرى مقارنة بصنف قمح الخبز BDME-10 **(Cakmak *et al.*, 2000)** .

2 – خصائص المجموع الجذرى Root system characters

تعتـــبر خصـــائص الجـــذور متمثلة فى طول ووزن الجذور من الصفات الانتخابـــية لـــتحمل إجهاد سمية العناصر . وتتباين الأصناف فى سلوك ومظهر المجموع الجذرى حال تعرضها لسمية العناصر (شكل 3 – 1) . وتعتبر درجة تشـــوه وتغـــير لون الجذور مؤشراً إنتخابياً تحت ظروف المزارع الصناعية . وتتخذ صفة عدم قابلية جذور أصناف القمح المقاومة لسمية الألومنيوم للاصطباغ بالهيماتوكسلين كمؤشر إنتخابى هام فى برامج التقييم .



شكل (3 – 1) : مظهر المجموع الجذرى فى أصناف الشعير المتحملة (إلى اليمين) وغير المتحملة (إلى اليسار) لسمية الألومنيوم .

ولقــد لاحظ **Echart** وآخرون (**2002**) أن القدرة على إستعادة نمو الجــذور تــبدو هامـــة فى تحمل سمية عديد من العناصر ، وهو ما لوحظ فى أصناف وأنسال الشعير المتحملة لزيادة عنصر الألومنيوم .

كما لاحظ **YoungYell** وآخرون (**2000**) زيادة نمو وتطور الجذور العرضـــية وزيادة كتلة الجذور بحوالى 10 أضعاف في أصناف الأرز المتحملة لســمية الرصاص مقارنة بالأصناف الحساسة ، وذلك بعد ستة أيام من النمو فى مزارع مائية إحتوت على 20 ميكرومول من الرصاص .

3 – جدار الخلية Cell wall

يعمل جدار الخلية كحاجز للمستويات العالية من العناصر السامة فى بيئة الجــذور . ويلعـــب ثبات الغشاء الخلوى دوراً هاماً فى تحمل سمية العناصر . ويــرجع التبايــن فى درجة تحمل أصناف القمح لزيادة مستويات الألومنيوم إلى الاخــتلاف في تركيب الغشاء البلازمى الخارجي Plasmalemma لخلايا القمح النامية للجذور والذى يتحكم فى دخول الأيونات إلى الجذور . ولقد أشارت نتائج الدراسات أن إنتقال البورون ربما يرتبط بنفاذية غشاء الخلية للعنصر ، وهو ما لوحــظ فــى صنف القمح 126 Inia الأقل نفاذاً للعنصر والأكثر تحملاً لسمية البورون (**Huang and Graham, 1990**) .

وقــد لعب تركيب ومحتوى الكيوتيكل والجدار الخارجى لخلايا الأبيدرم دوراً محـــدداً وهاماً فى قدرة أصناف القمح على تجنب إجهاد الكادميوم والزنك (**Cakmak *et al.*, 2000**) .

4 – المقاومة الثغرية Stomata resistance

تلعب الخصائص الفسيولوجية دوراً حيوياً في مقاومة أصناف المحاصير لسمية العناصر وتمثل المقاومة الثغرية دوراً هـ فى مقاومة نباتات الفاصوليا

اســمية الكادميوم . حيث لاحظ Poschenrieder وآخرون (1989) زيادة المقاومة الثغرية بأوراق نباتات الفاصوليا المعاملة بالكادميوم مقارنة بالكنترول ، وسجلت زيادة معنوية قدرها 400% في محتوى حمض الأبسيسيك وإنخفاض في محتوى الماء النسبى بعد 120 ساعة من التعرض للكادميوم .

ثانياً : الصفات الكيموحيوية Biochemical characters

1- النشاط الإنزيمى Enzyme activity

توجــد بعــض المركبات النباتية التى تحمى النشاط الإنزيمى والعمليات الحــيوية مــن أضــرار سمية العناصر . وقد أشارت الدراسات إلى أن مركب PEP-glycine و Glucose- 6- phosphate يحمـــى أنـــزيم PEP-carboxylase المسئول عن تخليق الأحماض الأمينية من ضرر سمية الكادميوم. كمـــا تحمى أيونات كربونات الصوديوم Na_2CO_3 والماغنسيوم Mg^{2+} إنزيم RUBP-carboxylase مـــن التثبيط الراجع لسمية الكادميوم فى الشعير والذرة الشامية **(Stiborova *et al.*, 1986 and Stiborova , 1988)** .

ولقد سجلت علاقات مختلفة بين تحمل سمية المنجنيز والألومنيوم ونشاط عديد من الأنزيمات مثل Poly phenol oxidase, Catalase ، Peroxidase و Glutathione oxidase, Ascorbic acid oxidase و Cytochrome C oxidase.فتميزت أصناف القمح وسلالات الذرة الشامية المرباه داخلياً المتحملة لســـمية الألومنـــيوم بالنشـــاط العـــالى لإنـــزيم الفوســـفاتيز الحامضـــى Acid phosphatase فـــى الجذور تحت ظروف الرقم الهيدروجينى المنخفض الذى يستحث نشاط الإنزيم بالجذور ، مما يزيد من قدرة النبات على إستخلاص الفوسفور من المصادر العضوية فى التربة (عن : **Gupta, 1997**) .

2- تخليق عديد الببتيد والفيتوشيلاتين Polypeptides and phytochelatins synthesis

لوحـــظ تبايـــن معـــنوى فى مستوى تخليق عديد الببتيد والبروتينات فى أصـــناف وســـلالات القمـــح المختلفة فى تحملها لسمية الألومنيوم . حيث أشار Somers وآخرون (1996) إلى التأثير المستحث لإجهاد الألومنيوم على تخليق عديـــد الببتـــيد والبروتين فى القمح . كما يستحث إنتاج الفيتوشيلاتين فى خلايا الجـــذور كميكانيكـــية دفاع ضد إجهاد سمية الكادميوم (Zenk,1997) . حيث يعمـــل علـــى تخزيـــن الكادميوم فى فجوات الجذور ويمنع إنتقاله إلى المجموع الخضرى .

كمـــا تحتوى عصارة اللحاء Phloem sap على عديد من المواد المفيدة لحـــركة وإنـــتقال العناصر الصغرى والكاتيونات من المصدر إلى المصب مثل Phytosiderophores والنيكوتين أمين وحمض الستريك (Welch, 1995).

3- محتوى الاكسالات Oxalate content

وجـــد أن أصناف الأرز المتحملة لسمية الرصاص ، يزداد بها محتوى الاكســـالات ويـــزداد إفرازها من الجذور . وتعتبر هذه الخاصية عاملاً هاماً فى خفض التيسر الحيوى للرصاص فى الأصناف المتحملة (YoungYell *et al.,* 2000)

ثالثا : المحصول Yield

يعتـــبر تقديـــر المحصـــول تحت الظروف الحقلية من المقاييس السليمة للدلالـــة علـــى تحمل جيرمبلازم المحاصيل لظروف الإجهاد . وللحصول على نـــتائج دقيقة ، ينبغى تقدير محصول كل تركيب وراثى تحت ظروف من إجهاد

. سـمية العنصـر وظروف عدم الإجهاد . ويجرى الانتخاب على أساس متوسط الأداء العـالى وأقـل نقص فى المحصـول تحت ظروف الإجهاد وذلك على آباء وسلالات ونواتج برامج التربية .

الباب الرابع

الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل لسمية العناصر

Varietal Differences and Genetic Resources for Mineral Toxicity Tolerance

توجد عوامل التحمل و / أو المقاومة لسمية العناصر في الأصناف القديمة المتأقلمة مع ظروف الأراضى ذات المستوى المرتفع من هذه العناصر ، وكذا فى الأصناف المنزرعة المرباه في المساحات ذات الأراضى الحامضية . فعلى سبيل المثال ، وجد أن أصناف القمح البرازيلية التى إستنبطت تحت ظروف الأراضى الحامضية ، كانت مقاومة لسمية الألومنيوم . وفيما يلى حصر للاختلافات الوراثية ومصادر المقاومة لسمية العناصر في بعض المحاصيل الحقلية .

القمح Wheat

يتحمل صنف القمح البرازيلى Polyssn تركيزات عالية من الألومنيوم ، والذى يعتبر المصدر الرئيسى الذى انتقلت منه عوامل المقاومة إلى جميع الأصناف التى إنتشرت فى الزراعة بعد ذلك فى ملايين الهكتارات ، دونما الحاجة إلى إضافة الجير لتعديل pH التربة . كما وجد أن صنف قمح الخبز Maringa يعتبر مصدراً وراثياً لتحمل سمية الألومنيوم(**Hede *et al.*,2002**).

ويتميز الصنف Siete Cerros بتحمله لسمية الحديد ، في حين كان الصنف BH 1146 حساساً للعنصر (**Camargo, 1985**) .

وتتباين أصناف وسلالات القمح فى تحملها لسمية البورون ، وعند تقييم **Moody** وآخرون (1988) لـ 1576 سلالة من القمح لتحمل البورون

بزراعتها فى أصص تحتوى على 80 مجم بورون / كجم تربة ، وجد أن 12% من السلالات كانت عالية الحساسية ، 35% حساسة ، 33% متوسطة الحساسية ، 14% متوسـطة التحمل و 6% متحملة (لم تظهر عليها أعراض السمية) . ويعتبر الصـنف الاسترالى Halberd والسلالة G 61450 أكثر تحملاً لسمية البورون (**Ralph, 1992**) .

الشعير Barley

يعتبر صنف الشعير Dayton أكثر تحملاً لسمية الألومنيوم ، فى حين كان الصنفان Shin Ebisu 16 و Harlan أكثر حساسية للعنصر (**Minella and Sorrells, 1992 and Tang *et al.*, 2000**) .

ويتميز صنف الشعير FM 404 بتحمله لسمية الألومنيوم ، بينما أظهر الصـنف Harringtön درجة عالية من الحساسية للعنصر (**Echart *et al.*, 2002**) .

الأرز Rice

وجد أن سمية العناصر حسب تأثيرها على نباتات الأرز كانت للكادميوم > الزنك > الرصاص (**Muramoto, 1989**) .

ويعتبر أرز المـناطق المـرتفعة أكثر حساسية لسمية الحديد من أرز المـناطق المنخفضـة . وعند غربلة 569 سلالة من الأرز لسمية الحديد كانت 269 سـلالة مقاومـة و 138 متحملة و 215 سلالة حساسة (**Bacha and Ishiy, 1988**) .

وتعتبر أصـناف الأرز : Pokkali, IR 30 ، IR 2151- 190- 3 ، IR 2153 – 96- 1 مصـادر هامة لتحمل سمية الحديد فى برامج معهد بحوث

الأرز الدولـــى . وفـــيما بين أربعة أصناف كان الصنف RCPL 87- 8 أكثر تحمـــلاً لســـمية الحديـــد ، فـــى حين كان الصنف RCPL 87-5 أكثر حساسية للعنصر (**Abraham and Pandey , 1989**) .

وتميز صنف الأرز الهندى Budumoni يليه الصنف Akisali بمتوسط أداء أفضـــل عند زراعته فى بيئة ذات محتوى عالى من الحديد مقارنة بالتركيب الوراثى CR-683 (**Das and Baruah , 2003**) .

فول الصويا Soybean

يتميز الصنف Chief بالتحمل للمستويات العالية من أيونات الفوسفات، فى حين كان الصنف Clarkأكثر حساسية **(Bernard and Howell, 1964)**.

ويعتـــبر صنف فول الصويا Bragg أكثر حساسية لسمية عنصر الحديد مقارنة بالأصناف Forrest ، Lee ، T 203 **(Brown and Jones, 1977 a and b)** .

الباب الخامس

السلوك الوراثى لتحمل سمية العناصر
فى المحاصيل الحقلية
Genetic Behaviour of Mineral Toxicity Tolerance in Field Crops

أظهـرت الدراسات أن وراثة القدرة على التحمل مقابل الحساسية لسمية العناصر تبدو صفة معقدة . كما أشارت بعض الدراسات الوراثية إلى أن وراثة الأقلمـة لسمية الأيونات والمعادن الثقيلة تعتمد على واحد أو اثنين من الجينات الرئيسـية Major genes ، والتى قد يتحور تأثيرها بجينات أخرى . وفيما يلى السلوك الوراثى لتحمل إجهاد سمية العناصر فى بعض المحاصيل الحقلية .

القمح Wheat

أشارت الدراسات الوراثية أن مقاومة القمح لسمية الألومنيوم يتحكم فيها جيـنات علـى الكروموسـومات $5A^L$, $6A^S$, $2D^L$, $4D^L$, $4B^L$, 5D, 7D, (عن : **Singh, 2004**) . وقد وجد أن تحمل القمح لسمية الألومنيوم يحكمه 3 أزواج مـن الجينات على الذراع الطويل للكروموسوم 2D فى التركيب الوراثى BH 1146 والـذى يتحكم فى ميكانيكية منع مرستيمات قمم الجذور من تراكم كمـيات زائـدة من الألومنيوم تحت ظروف البيئة ذات المستوى المنخفض من الألومنـيوم . كمـا عيـن **Aniol (1995)** مواقـع وراثية أخرى على نفس الكروموسـوم مسـئولة عن هدم سمية الألومنيوم فى قمم الجذور فى السلالات المتحملة ، عند مستويات الألومنيوم العالية فى البيئة .

وقد أمكن تعيين إثنين أو أكثر من الجينات ذات الفعل المضيف تتحكم فى تحمـــل سمية الألومنيوم فى قمح الخبز ، وسجل **Lagos** ومعاونوه (**1991**) تقديرات منخفضة إلى عالية لمعامل التوريث لتحمل إجهاد سمية الألومنيوم .

وتورث صفة تحمل الترتيكال لسمية المنجنيز والألومنيوم تحت ظروف الأراضى الحامضية طبقاً للموديل الوراثى البسيط (**Zhang *et al.*, 2002**) .

وبالتحلـــيل الوراثى لنسل الجيل الثانى للهجين بين صنف القمح المتحمل لسمية الحديد Siete Cerros × الصنف الحساس BH 1146، أوضح **Camargo** (1985) أن تحمل سمية الحديد فى الصنف Seite Cerros صفة سائدة جزئياً ذات معامل توريث مرتفع .

وتعتـــبر إستجابة القمح للإضافات العالية من البورون واقعة تحت نظام التحكم الوراثى بعدد من الجينات الرئيسية ذات الفعل الجينى المضيف أحدها يقع على الكروموسوم 4A (**Paull *et al.*, 1992**) .

وقـــد أمكن تحديد خمسة جينات هى Bo_1 , Bo_2, ----- Bo_5 تتحكم فى تحمل القمح لسمية البورون (**Ralph, 1992**) .

الشعير Barley

أظهر التحليل الوراثى لتحمل الألومنيوم فى عشيرة الجيل الثانى للهجين بين صنف الشعير المتحمل FM 404 والحساس Harrington من خلال صبغ الهيماتوكسلين ، أن نسبة الانعزال فى الجيل الثانى كانت 3 متحمل : 1 حساس، فى إشارة إلى أن تحمل الألومنيوم يتحكم فى وراثتها جين فردى كامل السيادة . فـــى حين لم تتمش صفة استعادة نمو الجذور مع النسبة 3 : 1 ، فى إشارة إلى وجود جينات أخرى تؤثر فى القدرة على التحمل (**Echart *et al.*, 2002**) .

وقد أيدت دراسات أخرى وجود جين فردى رمز له بالرمز *Alp* يتحكم فى تحمل

سمية الألومنيوم (**Minella and Sorrells, 1992 and Singh, 2004**)
أو قد يتحكم فيها جينات ذات تأثير صغير Minor gene effect
. (**Reid, 1971**)

الراى Rye

يعتــبر تحمــل تراكيــب الــراى الوراثية لسمية الألومنيوم صفة سائدة علـــى الحساســية للعنصر (**Hede *et al.*, 2002**) . ويحكم المقاومة لسمية الألومنــيوم فـــى الـــراى جيـــنات واقعـــة على الكروموسومات 3R, 4R, 6R . (**Singh, 2004 : عن**)

الأرز Rice

عــند دراسة وراثة تحمل الأرز لسمية الألومنيوم في دياليل الجيل الأول بيــن أصـــناف أرز المناطق المرتفعة والمنخفضة ، متباينة فى تحملها للعنصر، أوضح **Khatiwada** وآخرون **(1996)** أن أصناف أرز المناطق المرتفعة ذات قدرة عامة جيدة على الائتلاف ، مع وجود تأثيرات للوراثة السيتوبلازمية، وعلى ذلك يمكن استخدام الآباء المتحملة كأمهات فى البرنامج .

وبتقييم أربعة أصناف متباينة فى تحملها لسمية الحديد مع هجن الجيل الأول والثانى تحت الظروف الحقلية ، وجد **Abifarin (1986)** أن الصنفين Gissi 27 و Suakoko 8 مـــتحملان مـــثل الجيل الأول وأن صفة التحمل فى الصـــنف Gissi 27 يتحكم فيها جين متنحى ، وفى الصنف Suakoko 8 جين فردى سائد .

ولقد وجد Wu ومعاونوه (**1997**) أن تحمل صنف الأرز Azucena لسمية الحديد يحكمه جينات على الكروموسوم رقم 1 ، إرتبطت مع المعلمات الوراثية RG 345 و RG 381 .

بلغ المكافئ الوراثى لتحمل سمية النحاس 36% فى أنسال الجيل الرابع للهجين بين الصنف الحساس " 108 " التابع لـ *Oryza sativa* والصنف المتحمل W 106 التابع لـ *O.perennis* (**Morishima, 1978**) .

الذرة الشامية Maize

كانت تأثيرات الفعل الجينى السيادى أكثر أهمية فى وراثة كفاءة إستخدام الآزوت وغلة الحبوب تحت مستوى 120 كجم نيتروجين للفدان (**EL-Kalla** ***et al.*, 2001**) . وعند نفس المعدل تراوحت تقديرات معامل التوريث فى المعنى العام من متوسطة إلى عالية نسبياً لصفات التبكير ، مساحة ورقة الكوز ، البقاء أخضر ، محتوى كلوروفيل الورقة ، كفاءة إستخدام النيتروجين وغلة الحبوب (**Radwan** ***et al.*, 2001**) .

وبلغت تقديرات معامل التوريث فى المعنى العام (82%) لمحتوى الفوسفور الزائد فى حبوب عائلات الجيل الذاتى الأول S_1 لعشيرة الذرة الشامية IHP × ILP ، فى إشارة إلى جدوى الانتخاب لإنتاج تراكيب وراثية ذات محتوى مناسب من العنصر دون ضرر للحيوان أو الإنسان (**Wardyn and Russell, 2004**) .

وأظهرت نتائج التحليل الوراثى أن مقاومة سلالات الذرة الشامية لسمية الألومنيوم يتحكم فيها جين فردى متعدد الأليلات وأنه ذو أثر متعدد لتحمل الإجهاد الحرارى أيضاً (**Rhue and Grogan, 1977**) .

ولقد لعب الفعل الجينى المضيف والسيادى دوراً هاماً فى التحكم الوراثى لتحمل سمية الألومنيوم فى الذرة الشامية **(Ninamango – Cardenas *et al.*, 2003)** .

الذرة الرفيعة Sorghum

تلعـــب السيادة دوراً رئيسياً فى وراثة التحمل لسمية الألومنيوم فى الذرة الرفيعة **(Boye – Goni and Marcarian, 1985)** .

وقـــد وجـــد أن مقاومـــة صـــنف الذرة الرفيعة Jowar لسمية عنصر الألومنـــيوم يتحكم فيها عديد من الجينات Polygenes . وكانت تقديرات القدرة العامة على الائتلاف أكثر أهمية من القدرة الخاصة على الائتلاف . ويشير ذلك إلى سيادة الفعل الجينى المضيف مع تقديرات عالية لمعامل التوريث لتحمل سمية الألومنيوم .

وجـــد أن مقاومـــة الـــذرة الرفيعة لسمية عنصر المنجنيز تسلك سلوك الصفات المعقدة **(Borgonovi *et al.*, 1985 and Singh, 2004)** .

فول الصويا Soybean

أشـــارت نـــتائج التحلـــيل الوراثى لدياليل فول الصويا (9 × 9) بين أصـــناف مـــتأقلمة زرعـــت فـــى مساحات عالية وأخرى منخفضة فى عنصر الألومنـــيوم ، أن الموديـــل الوراثى البسيط (المضيف – السيادى) كان مناسباً لتفســـير الاخـــتلافات الوراثية بين جيرمبلازم فول الصويا فى تراكم الكالسيوم والماغنســـيوم والألومنـــيوم والمنجنيز . فى حين كانت التأثيرات الوراثية أكثر تعقـــيداً لعناصـــر الفوســـفور والبوتاسيوم والحديد والزنك والنحاس والموليبدنم والصوديوم **(Spehar, 1995)**

ولفهم الأساس الوراثى لتحمل أيونات الفوسفات ، قام **Bernard and Howell (1964)** بتهجين الصنف المتحمل Chief مع الصنف الحساس Clark ، وتقييم الأجيال الرجعية والجيل الثانى والثالث فى محلول مغذى ذو محتوى عالى من الفوسفور . وقد أمكن تقسيم النباتات الفردية على أساس التمايز فى وجود زوج الجينات الرئيسى *Np np* المسئول عن تباين التراكيب الوراثية فى تحمل المستوى العالى من الفوسفور على النحو التالى :

NpNp : عدم ظهور أى أعراض ، أو ظهور بقع بنية خفيفة على النموات الخضرية.

Np np : ظهور بقع بنية خفيفة إلى متوسطة .

np np : ظهور بقع بنية شديدة مع تقزم النباتات .

البرسيم الحجازى Alfalfa

يتحكم فى مقاومة البرسيم الحجازى لسمية الألومنيوم والمنجنيز عديد من الجينات ، ولم يكن للوراثة الأمية دور فى المقاومة (عن : **Singh, 2004**) .

الباب السادس

جهود التربية
Breeding Efforts

Selection الإنتخاب

لقــد شــوهدت درجــات من التحمل الجزئى لسمية العناصر فى عشائر نــباتات المحاصــيل النامــية تحت الظروف الطبيعية ، تمثل مكون طبيعى فى المســتودع الجيــنى لعديــد مــن الأنواع ومن ثم إمكانية الانتخاب الطبيعى أو الصناعى لتراكيب وراثية متحملة من هذه العشائر .

ولقد بدأت برامج غربلة أصناف القمح فى البرازيل لتحمل سمية عنصر الألومنيوم عام 1919 فى أراضى شديدة الحموضة . حيث اكتشفت صفة التحمل للتركــيزات العالــية من الألومنيوم فى المصدر الوراثى Polyssu ، وبعد ذلك إنتقلــت مــنه إلــى جميع الأصناف التى انتشرت فى الزراعة فى البرازيل مثل Fronteira , Horto, BH 1146, IAC 5-Maringa, IAS 55 , IAS 54, Trintani , Bage, Rio Nigro, Londrina ، تعطــى محصول من 4 – 5 طن قمح / هكتار فى الأراضى عالية الحموضة (عن: **Baier *et al.*, 1995**).

وفــى اســتراليا ، ســاهم الانتخاب الفردى فى إنتاج عديد من سلالات الكانولا المقاومة لسمية عنصر المنجنيز (**Moroni *et al.*, 2002a**) ، وعزل سلالات من الشعير أكثر مقاومة لسمية الألومنيوم من صنف المقارنة الاسترالى Dayton (**Moroni *et al.*, 2002b**) .

التهجين Hybridization

يعتبر التهجين من الطرق الفعالة فى نقل عوامل التحمل لسمية العناصر مـــن المصادر الوراثية المقاومة إلى التراكيب الوراثية المستنبطة . وتفيد بنوك الجينات والمصادر الأجنبية المقاومة فى برامج التربية بالتهجين . وقد أمكن نقل المورثات المسئولة عن التحمل لسمية الألومنيوم من كروموسومات الراى 3R, 4R, 6R إلـــى كروموسومات القمح ، وأدت إلى تحسين مستويات المقاومة فى القمح (عن : Singh, 2004) .

وقـد ســـاهمت برامج التهجين فى نقل ثلاث من خمس جينات رمز لها بالـرموز Bo_1, Bo_2, Bo_3 إلـى سلالات التربية فى القمح ، مسئولة عن زيادة التحمل لسمية عنصر البورون (Ralph, 1992) .

ويعتـــبر التهجيـــن الرجعى وسيلة فعالة فى نقل جينات المقاومة السائدة لسمية العناصر إلى التراكيب الوراثية الحساسة . فقد أشار Moroni وآخرون (2002a) إلى إمكانية نقل عوامل المقاومة لسمية المنجنيز إلى أصناف الكانولا الحساسة عن طريق التهجين الرجعى .

وحصل Wan وآخرون (2003) على 96 سلالة فى الجيل الرجعى التاســع بطـــريقة نســـب الـــبذرة الفردية من الهجين بين صنف الأرز اليابانى Nipponbare والهندى Kasalath ، وعزل سلالات أكثر تحملاً لسمية عنصر الحديد .

دور معلمات دنا DNA-markers

لقـــد ســـاعدت تقنـــية معلمـــات الصفة الكمية QTL مع معلمات الـــ AFLP والـــ RFLP فـــى تعييـــن إثنيـــن مـــن المواقـــع الوراثـــية على الكروموسومات 1 و 12 لصنف الأرز Azucena المتحمل لسمية الألومنيوم ، عـــند عمـــر 2 و 4 أسابيع . ووضح أن تحمل البادرات الصغيرة محكوم أساساً بتأثـــيرات الفعل الجينى المضيف ، بينما كان التفوق هو الأكثر أهمية فى تحمل البادرات فى العمر المتأخر . وقد أشارت معلمات الصفة الكمية إلى وجود مواقع متعددة الأليلات مسئولة عن تحمل الألومنيوم والحديد (**Wu *et al.*, 2000**) .

كمـــا أفـــادت معلمـــات الصـــفة الكمـــية فـــى تعيين أربعة مواقع على الكروموســـومات 1 و 3 فى سلالات الجيل الرجعى التاسع فى الأرز ، أحد هذه المعلمـــات على الكروموسوم رقم 1 يتحكم فى دليل الأوراق البرونزى والوزن الجـــاف للسيقان وعدد الأشطاء والوزن الجاف للجذور ، أسهم بحوالى 20.5 ، 36.9 ، 43.9 ، 38.8% مـــن التبايـــن الكلى للصفات ، على التوالى . وأمكن تعييـــن موقـــع آخـــر على الكروموسوم رقم 3 يتحكم فى الوزن الجاف للسيقان والوزن الجاف للجذور أسهم بحوالى 37.9% و 35% من التباين الكلى للصفتين، على الترتيب (**Wan *et al.*, 2003**) .

وفـــى القمح ، أفادت تقنية الـــ RFLP فى تحديد حزم الجين المتحكم فـــى تحمـــل الألومنـــيوم فى الصنف Maringa ، وتمكن Somers وآخرون (1996) من نقله إلى الصنف الحساس Katepiwa . كما أمكن توظيف تقنية

الـــــ RFLP فى تعيين الجين *Alp* المسئول عن تحمل الشعير لسمية الألومنيوم (**Tang *et al.*, 2000**) .

كما أفادت تقنيات الـــ QTL ، RFLP ، SSR فى تعيين خمسة مواقع للصـــفة الكمـــية علـــى الكروموســـومات 2 ، 6 ، 8 فسرت 60 % من التباين المظهـــرى لتحمل سمية الألومنيوم وذلك فى 168 عائلة لعشيرة 4 : F3 لهجين الـــدرة الشـــامية بيـــن سلالات متباينة فى تحمل سمية الألومنيوم . ووقع المعلم QTL_4 و Umc O43 علـــى الكروموســـومات رقمى 8 ، 5 وإرتبطا بالجينات المشفرة للأنزيمات المسئولة عن تخليق الأحماض العضوية كانت ذات أهمية فى تحمل سمية الألومنيوم . كما إرتبط المعلم QTL_2 مع تحمل سمية الألومنيوم فى الدرة الشامية (**Ninamango – Cardenas *et al.*, 2003**) .

زراعة الأنسجة Tissue culture

لقـــد أفادت تقنية زراعة الأنسجة فى إنتاج سلالات من بعض المحاصيل الحقلـــية تناسب ظروف الإجهاد ، الراجع إلى سمية العناصر . فقد أمكن بتكنيك زراعة الأجنة غير الناضجة على بيئة MS مضافاً إليها منظمات نمو وعنصر الألومـــيوم ، عـــزل ســـلالات من الشعير كانت أقدر على تحمل سمية عنصر الألومنـــيوم عند زراعتها تحت ظروف الأراضى الحامضية (**Vnuckhova and Khirtov, 1990**) .

كمـــا أمكـــن إنـــتاج ســـلالة الذرة الرفيعة GAC 102 المتحملة لسمية الألومنـــيوم مـــن زراعة الأنسجة للصنف Hegari ، تفوقت فى مستوى التحمل علـــى الصنف الأصلى وكانت مشابهة للصنف القياسى المنزرع SC 283 تحت الظروف الحقلية (**Duncan *et al.*, 1991**) .

مشاكل التربية لتحمل إجهاد العناصر

Problems in breeding for mineral stress tolerance

يواجه مربى النبات مجموعة من المشاكل عند التربية لمقاومة نقص / أو سمية العناصر ، يمكن سردها على النحو التالى :

1- أن نقص أو سمية العنصر تتباين فى قطاع التربة ، ومن ثم فإن الأصناف المحسنة تحت ظروف موقع معين قد لا تناسب ظروف مواقع أخرى.

2- تحدث سمية الألومنيوم والمنجنيز معاً فى معظم الأراضى الحامضية، ومن ثم فإن التربية للمقاومة المتخصصة للألومنيوم على حده ، والمنجنيز على الجانب الأخر ، ربما لا تخدم الهدف المطلوب .

3- تحدث تفاعلات بين العناصر وبعضها ، مثل ما لوحظ من تفاعل الألومنيوم والمنجنيز مع عناصر أخرى فى البيئة مثل الكالسيوم والفوسفور والماغنسيوم ، ومن ثم ينبغى توخى الحذر وأخذ ذلك فى الاعتبار خلال مراحل الانتخاب .

4- أن عملية التقييم من خلال أنظمة المزارع المائية وملاحظة نمو الجذور تعتبر مكلفة وتتطلب خبرة كبيرة .

5- أن عملية التقييم النهائى يجب أن تتم تحت ظروف من إجهاد نقص / أو سمية العنصر وكذا ظروف عدم الإجهاد ، وكلاهما يتطلب جهد وتكلفة كبيرة.

الباب السابع

العلاقة بين زيادة العناصر الغذائية ونمو وإنتاجية المحاصيل

Relation between Nutrient Elements Increase with Growth and Crop Production

لا شك أن النبات فى حاجة إلى العناصر المعدنية لمواجهة متطلبات النمو، غير أن التركيزات العالية من هذه العناصر ربما تضر بالنبات وتؤدى إلى التأثير على العمليات الكيموحيوية والفسيولوجية التى تدور فى فلك النبات، ومن ثم إنخفاض معدلات النمو والمحصول. وتؤدى التركيزات العالية نسبياً من العناصر المغذية الكبرى والمستويات المرتفعة من العناصر الصغرى والعناصر غير الضرورية إلى إعاقة نمو النبات. ويتوقف المستوى المؤدى إلى نقص نمو النبات على العنصر والنوع النباتى. فتستطيع بعض نباتات المحاصيل أن تتحمل مستويات عالية جداً من العناصر الثقيلة عن الأنواع الأخرى، ولوحظ تأثير منظم Buffering effect للكالسيوم والمواد المخلبية على سمية العناصر. كما تؤثر الصورة التى يضاف عليها العنصر على حالة النمو وإنتاجية النبات.

الدراسات التجريبية المتعلقة بكفاءة أصناف المحاصيل فى تحمل إجهاد سمية العناصر

Experimental studies related to efficiency of crop cultivars in mineral toxicity tolerance

أجريت عديد من الأبحاث التجريبية على أصناف المحاصيل المختلفة تحت مستويات متباينة من العناصر الكبرى والصغرى لكشف قدرة الأصناف على تحمل المستويات العالية من العناصر وعلاقة ذلك بمعدل تراكم المادة

الجافــة والــناتج المحصــولى . فقــد لاحظ **عيسى وبرهامى (2006)** تناقص محصـــول حبوب الذرة الشامية مع إضافة عناصر الحديد والمنجنيز والزنك فى الصورة المعدنية عن إضافتها فى الصورة المخلبية ، حيث حققت الأخيرة تحسناً واضحاً فى مستويات محصول الحبوب .

وتختلف أنواع المحاصيل فى الطريقة التى تؤثر بها العناصر الثقيلة على الــنمو فيقل حجم المجموع الخضرى احيانا بدرجة أكبر من المجموع الجذرى فـــى القطــن عند المستويات المنخفضة من العناصر الثقيلة (جدول 3 – 1) ، ومن ثم تنخفض نسبة وزن المجموع الخضرى : الجذرى . ولكن عند المستويات الأعلـــى من العناصر الثقيلة زادت نسبة وزن المجموع الخضرى : الجذرى فى عديد من الحالات (عن : **Clark, 1982b**) .

جدول (3 – 1) : نسبة المجموع الخضرى / الجذرى فى القطن تحت مستويات مختلفة من العناصر الثقيلة فى المحاليل المغذية

Cd	Ni	Li	Cr	Mn	Co	Zn	Cu	التركيز (M)
6.2	6.2	5.5	5.6	4.6	4.6	4.6	4.6	المقارنة
5.4	5.3	5.0	3.8		4.8		4.4	10^{-6}
						4.3		5×10^{-6}
3.8	4.5	4.5	4.5	5.0	3.8		3.8	10^{-5}
						3.2		5×10
7.6	5.8	5.0	4.3	4.6	3.8		5.5	10^{-4}
						4.6		5×10^{-4}
				4.2				[illegible]

(عن **Clark, 1982b**) .

وتشـــير الإحصـــاءات إلى أن 60 % من الأراضى الصالحة لزراعة البقوليات فى العالم تعانى من سمية أو نقص العناصر . فتتميز الأراضى الجيرية فى شمال غرب امريكا بارتفاع مستوى الأملاح الذائبة مثل الكالسيوم والبوتاسيوم الماغنسـيوم والصــوديوم ، الامر الذى يؤدى الى زيادة درجة حموضة التربة

وظهــور أعــراض نقــص عناصر الزنك والفوسفور والحديد و / أو المنجنيز (عن : Singh and Westermann, 2002) .

وتحــت ظروف الأراضى الحامضية ، يعتبر مستوى الألومنيوم وغشاء الــبروتون عــند مسطح الجذور من المحددات الكبرى لنمو الجذور الأولية فى البرســيم الأبــيض وفشــل تكويــن العقــد الجذرية ، ومن ثم نقص المحصول (Voigt and Staley, 2004) .

وتؤدى سمية الألومنيوم إلى نقص حجم المجموع الجذرى ومن ثم زيادة حساســية النــبات للجفاف ونقص العناصر الغذائية ومن ثم نقص إنتاجية النبات (Ninamango – Cardenas *et al.*, 2003) .

وقــد صاحب التركيزات العالية من الزنك والمنجنيز (0.4 و / أو 0.6 جــم / لــتر) حدوث تأثير سلبى على الصفات الفسيولوجية لصنفى قمح الخبز ســخا 69 وســخا 93 . جيث إنخفض معنوياً محتوى الأوراق من الكلوروفيل والكاروتيــنات ، كمــا نقــص محصول الحبوب ومعظم مكوناته فى الصنفين . وصــاحب زيــادة معدل الزنك (من صفر إلى 0.6 جم / لتر) ، زيادة تركيز الــزنك ، بيــنما نقص تركيز المنجنيز فى المجموع الخضرى والحبوب . وأدى رش المنجنــيز بنفس المعدل إلى زيادة تركيز المنجنيز ونقص تركيز الزنك فى المجموع الخضرى والحبوب فى صنفي القمح (Sadek, 2006) .

كمــا وجــد أن 43 % مــن الكادميوم الواصل إلى الإنسان ، يأتى من إســتهلاك دقــيق القمح ، ومن ثم يصبح من الأهمية خفض مستويات الكادميوم بالحبوب عن طريق إستنباط أصناف أقدر على إعادة توزيع الكادميوم بين أجزاء النبات المختلفة ، ومن ثم تجنب مخاطر العنصر على صحة الإنسان (Greger and Lofstedt , 2004) .

وفى الأراضى الصينية ، تؤدى سمية الحديد إلى خفض محصول الأرز بحوالى 10–20 % متوقفاً ذلك على مستوى العنصر ودرجة تحمل الأصناف (Wan **et al., 2003**) . كما لوحظت تأثيرات عكسية للرصاص على محصول الأرز مؤدياً إلى تثبيط النمو وخفض الوزن الجاف للجذور فى الأصناف الحساسة لسمية العنصر (**YoungYell *et al.,* 2000**) .

وفى الأرز أيضاً ، وعند تجريب مستوى 30 و 60 كجم ن / فدان لاحظ **عبد الجليل وآخرون (2005)** حدوث زيادة معنوية فى محصول الحبوب والقش ومن ثم المحصول الكلى بفضل زيادة عدد الداليات / الجورة عند إضافة الوحدة الأولى من النيتروجين (30 كجم ن / فدان) مقارنة بعدم الإضافة . ولم يكن للوحدة الثانية أى تأثير معنوى على محصول الأرز . بل وعلى العكس فقد وجد **القاضى وعبد الوهاب (1999)** أن الإضافات الأعلى من 40 كجم ن / فدان قد صاحبها نقص معنوى فى نسبة حبوب الأرز السليمة ونسبة الاميلوز ونسبة النيتروجين المستفاد .

وتدل هذه النتائج على محاصيل الحبوب إلى ضرورة الاستخدام المقنن للأسمدة وتجنب التسميد النيتروجينى الغزير وعمل تحليلات لمحتوى التربة من العنصر لتحديد الاحتياجات الفعلية للنبات ومن ثم تجنب التأثيرات الضارة للنترات والبيوريت السام على الصحة العامة للإنسان .

وعلى الجانب الأخر ، وفى المحاصيل السكرية مثل بنجر السكر ، لاحظ **الشافعى والطنطاوى (2006)** توقف إستجابة النبات للنيتروجين حتى 80 كجم للفدان . غير أنه مع زيادة مستوى التسميد إلى 100 كجم ن / فدان انخفض محصول السكر للفدان من 2.469 إلى 2.193 ، كما إنخفضت معنوياً النسبة المئوية للسكروز والسكر القابل للاستخلاص ومعامل الجودة . ويشير ذلك إلى

التأثـــيرات العكســـية لـــزيادة التسميد النيتروجينى على كيموحيوى وفسيولوجى وجودة محصول بنجر السكر .

وتـــؤدى المستويات العالية من الفوسفور إلى نقص أوزان الجذور بشدة فـــى بعض البقوليات مثل الفاصوليا ، ولوحظ ذلك مع زيادة تركيز الفوسفور فى بيـــئة النمو من 10^{-4} إلى 10^{-2} M ، في حين بقى وزن المجموع الخضرى كما هـــو أو زاد قلـــيلاً (عن : **Clark, 1982b**) . كما لم يتأثر معنوياً عدد العقد الجذرية فى صنف الفول البلدى سخا 1 أو وزن العقد الجذرية فى الصنف جيزة بلانكـــا بـــزيادة مســـتوى التســـميد الفوسفاتى من صفر ، 15.5 إلى 31 كجم فو$_2$ أ$_5$ / فدان (**Abdul Galil *et al.*, 2003**) .

هـــذا وقد لوحظ أن زيادة محتوى الفوسفور فى حبوب الذرة الشامية عن الحـــدود المســـموح بهـــا أدت إلـــى مشـــاكل التلوث بالفوسفور عند الحيوانات (**Wardyn and Russell, 2004**) .

وعموماً يعتبر تربية أصناف من الحبوب والبقول تتحمل سمية العناصر من أكثر الوسائل فاعلية فى الإنتاج الاقتصادى للمحاصيل الزراعية . وهنا تلعب مجهودات التربية والتقنية الحيوية دوراً هاماً فى فهم الأساس الوراثى لميكانيكية التحمل وإستنباط أصناف أقدر على الأقلمة وظروف البيئة القاسية .

الباب الثامن

تقييم التراكيب الوراثية لتحمل سمية العناصر
Evaluation of Genotypes to Mineral Toxicity Tolerance

يمكــن تقيــيم جيرمــبلازم المحاصيل لتحمل سمية العناصر باستخدام المزارع الصناعية أو مزارع المحاليل المغذية ومزارع الأنسجة والأصص تحت ظــروف البــيوت المحمــية . كما يمكن إجراء الانتخاب لسمية العناصر تحت الظروف الحقلية .

1- التقيــيم باستخدام المزارع الصناعية (المحاليل المغذية)
Evaluation by using hydroponic cultures

يمكن إختبار تحمل جيرمبلازم المحاصيل فى طور البادرة تحت ظروف البــيوت المحمية بتنمية النباتات فى محاليل مغذية مجهزة مضاف إليها تركيزات معلومــة مــن العنصــر . وتعتبر مزارع المحاليل المغذية من الأنظمة البسيطة والســريعة الــتى تسمح بعمل دراسات على الانتخاب للمقاومة لنقص أو سمية عناصــر معينة . ويتطلب إستخدام مزارع المحاليل المغذية توفر تهوية مناسبة وخبرة بالوسائل المعينة على الدراسة .

وقــد أفادت هذه المزارع المائية فى تقييم جيرمبلازم القمح لتحمل سمية النيكل (Seti *et al.*, 1988) والألومنيوم (Baier *et al.*, 1995) وفى تقييم تحمــل سلالات الأرز لسمية الحديد (Wan *et al.*, 2003) وتقييم جيرمبلازم الــذرة الشامية لتحمل سمية الألومنيوم (Ninamango – Cardenas *et al.*, 2003) وفى تحمل الكانولا لسمية المنجنيز (Moroni *et al.*, 2002a) .

2- التقييم باستخدام الأصص Evaluation by using pots

يفيد إستخدام الأصص فى تقييم تحمل التراكيب الوراثية لسمية العناصر. وتوضع عادة الأصص تحت ظروف البيوت المحمية . ويسمح إستخدام الأصص بالتحكم فى بيئة التربة ، إلا أنه يعاب عليها الحد من نمو وتطور الجذور ، ولذا تبدو غير مناسبة لعمليات الغربلة على المستوى الواسع .

ولإســتخدام الأصص فى عملية التقييم ، تملأ بتربة معلوم مسبقاً تركيز العنصـــر السام بها . أو تروى بمحلول مغذى يحتوى على تركيزات معلومة من العنصر تحت الدراسة. ولقد استخدم **Hofer and Schutz (1980)** تجارب الأصص فى دراسة تأثير مستويى 240 و 960 جزء فى المليون من الزنك على القمـــح ، حيث لوحظ إنخفاض شديد في محصول الحبوب والقش بحوالى 30% و 38% ، على الترتيب .

كما إستخدمت تجارب الأصص فى بتقييم تحمل جيرمبلازم الشعير لسمية الألومنـــيوم ، حيـــث قـــام **Echart** وآخـــرون (**2002**) بتطهير بذور الآباء والأنســـال فـــى محلول 1% هيبوكلوريت الصوديوم ثم تنمية البذور فى أطباق بـــترى . وعـــند وصول طول جذور البادرات 1سم ، تم نقلها إلى أصص طبقاً للبروتوكول المقترح بواسطة (**Dornelles *et al.*, 1996**) وتجريب مستويات 15 ، 30 ، 45 و 75 مـــيكرومول مـــن كلوريـــد الألومنيوم ($Al\ Cl_3$) على الأصـــناف . فـــى حين عرضت أنسال الجيل الثانى لتركيز 30 ميكرومول من كلوريد الألومنيوم . وتم تقدير تحمل بادرات التراكيب الوراثية لسمية الألومنيوم من خلال قياس صفات نمو الجذور ودليل التحمل والنسبة المئوية للتحمل .

3- التقييــيم باســتخدام مزارع الأنسجة Evaluation by using tissue cultures

تفيد مزارع الأنسجة فى المقارنة بين السلالات المتحملة والحساسة لسمية العناصـــر على المستوى الخلوى . حيث لوحظ أن المنفصلات النباتية من جذور أصــناف القمح المقاومة لسمية البورون ، تستطيع إنتاج كالوس بمعدل أكبر من الأصــناف الحساسة أو متوسطة الحساسية للعنصر . وقد فسر **Huang and Graham (1990)** ذلــك على أساس التباين فى درجة نفاذية الغشاء الخلوى للــبورون والقــدرة علــى التكشــف Cell differentiation حيث كان أفضل الأصناف تحملاً الصنف Inia 126 .

4 - التقيــيم تحــت الظروف الحقلية Evaluation under field conditions

يمكــن ممارســة عملية الانتخاب تحت الظروف الحقلية والمناطق التى تتميز طبيعياً بمستوى عالى من العنصر تحت الدراسة بناء على تحليلات سابقة للــتربة . وتسمح هذه الطريقة بتقييم العشائر كبيرة الحجم بتكلفة أقل نسبياً . كما تســمح بــتقدير المحصول تحت ظروف من طبيعة البيئة التى سوف يزرع فيها الأصناف المقاومة مستقبلاً .

على أنه يجب الأخذ فى الاعتبار ، أن معظم الأراضى التى تتميز بسمية أحد العناصر مثل الألومنيوم والمنجنيز ، يحدث فيها تفاعل للعنصرين مع عديد مــن العناصر الأخرى مثل الكالسيوم والفوسفور والماغنسيوم إلى جانب إحتمال تبايــن قطاعــات الــتربة فــى ســمية أو نقــص العناصــر . وعلى ذلك فإن الأصناف الناتجة من الانتخاب فى الحقل تبدى إستجابة لموقــع أو بيئــة معينــة Site – specific response .

لذلـــك يجب أن يجرى الانتخاب **فى الحقل** بعناية على أساس خصائص التربة فى المساحة التى سوف يستنبط **ويزرع فيها** الصنف .

وعمومـــاً ، تعتبر الاختلافات المكانية **فيما** بين أو فى داخل الحقل لسمية العناصر ، **أقل** كثيراً من تلك الراجعة إلى **إجهاد** العناصر الأخرى . غير أنه من المـــرغوب فيه إجراء دراسة تجانسية Homogeneity study للحقل المستخدم فـــى الانـــتخاب . كما يمكن إتباع بعض **الإجراءات** والوسائل المناسبة لتحوير وتعديل خصائص أرض الحقل إلى حد ما **مثل** الرش بحمض الكبريتيك المخفف أو إستعمال الجير لخفض pH التربة .

ولقـــد أمكـــن فى ولاية أوهايو **الأمريكية** إختبار 43 صنف وسلالة من القمـــح فى أرض ينخفض فيها الرقم الهيدروجينى إلى 4.3 ، ويرتفع فيها كثيراً تركـــيز **الألومنيوم** الذائب ، ووجد أن الصنفين Fulton و Thorne كانا الأكثر تحملاً ، حيث أنتجا من 60 – 80% من محصولهما عند هذا المستوى المنخفض مـــن pH الـــتربة مقارنة بما أنتجاه عندما أضيف 2.2 طن من الجير / هكتار لـــتعديل رقـــم الحموضـــة ليصبح 5.2 . بينما لم تنتج الأصناف الأخرى سوى 20– 30 % مـــن محصـــولها تحـــت ظـــروف إنخفـــاض الرقم الهيدروجينى **(عن : حسن 1995)** .

مقاييس تحمل المحاصيل لسمية العناصر

1– تعتبر مؤشرات النمو والقدرة على التفريع فى محاصيل الحبوب من الصفات الرئيسية التى يُعتمد عليها فى نظم التقييم .

2– يمكـــن تقيـــيم تحمـــل سلالات المحاصيل لسمية العناصر على أساس قياس صفات نمو الجذور الأتية :

أ– نمو الجذور Root growth

ب- دليل تحمل الجذور Root tolerance index

$$= \frac{\text{متوسط طول الجذور فى وجود الألومنيوم (مثلاً)}}{\text{متوسط طول الجذور فى المحلول الخالى من الألومنيوم}} \times 100$$

جـ- النسبة المئوية للبادرات المتحملة = $\frac{\text{عدد البادرات المتحملة}}{\text{عدد البادرات الكلية}} \times 100$

3- التقييم السريع للبادرات بمجرد النظر Visual على أساس قدرة الجذور على إستعادة النمو ، وذلك على مقياس من 1- 3 حيث :

1- متحمل Tolerant

2- متوسط التحمل Medium tolerant

3- حساس Susceptible

(عن : Riede and Anderson, 1996)

4 - طـور معهـد بحوث الأرز الدولي IRRI (1996) نظام للتقييم القياسى لغربلة جيرمبلازم الأرز لضرر سمية الحديد على مقياس من 1-9 حيث :

1 : يكون عالى التحمل

9 : يكون عالى الحساسية

القسم الرابع

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل مبيدات الحشائش

Genetics and Breeding Crops for Herbicide Tolerance

القسم الرابع

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل مبيدات الحشائش
Genetics and Breeding Crops for Herbicide Tolerance

مقدمة

يعتبر تحسين المحصول وزيادة درجة ثباته فى مواجهة التأثيرات المعاكسة لاجهادات البيئة الحيوية وغير الحيوية ، الشغل الشاغل للمهتمين فى مجال الإنتاج الزراعى .

ويعتبر إستنباط أصناف من المحاصيل الحقلية مقاومة لمبيدات الحشائش، عند إستخدام أساليب المكافحة الكيميائية أداة جديدة فى التعامل مع الحشائش، وتوجهاً جديداً لمربى النبات فى برامج التربية .

وتعتبر الحشائش من أكثر الآفات ضرراً بالمحاصيل الزراعية إذا أهمل التعامل معها ومكافحتها بالأساليب السليمة . وترجع الأضرار التى تسببها الحشائش إلى المنافسة الشديدة مع نباتات المحصول على رطوبة التربة والعناصر الغذائية والضوء وثانى أكسيد الكربون ، وتزداد الأضرار مع حساسية بعض أنواع المحاصيل وضعف منافستها للحشائش ، ومن ثم عدم القدرة على تكملة دورة حياتها ، حيث قدر نسبة الفاقد فى المحصول نتيجة إنتشار الحشائش بحوالى 42 % .

ويعتبر إستخدام مبيدات الحشائش من أكثر الوسائل المستخدمة فى أنظمة مكافحة الحشائش لاسيما فى الدول النامية والتى تمثل 50 % من الاستهلاك العالمى لمبيدات الآفات . حيث تعامل المحاصيل المنزرعة بمبيد معين للقضاء على نوع معين من الحشائش أو بتوليفة من مبيدات الحشائش لتلافى ضرر الأنواع المختلفة من الحشائش .

ولقد أسهمت برامج تطوير أصناف المحاصيل لمقاومة مبيدات الحشائش، فى زيادة الإنتاجية ، وكان ذلك سبباً رئيسياً وراء نجاح زراعة عديد من المحاصيل فى عديد من الأقطار مثل الولايات المتحدة الأمريكية وكندا والأرجنتين وهولندا ورومانيا ومصر .... وغيرها .

ولعل التقدم الحالى الذى يشهده العالم فى مجال تربية النبات وإستخدام أساليب الهندسة الوراثية فى إنتاج أصناف من المحاصيل المعدلة وراثياً تتحمل مبيدات الحشائش ، يمثل أهمية فى برامج التعامل مع الحشائش . حيث يعتبر إضفاء صفة المقاومة لمبيدات الحشائش على أصناف المحاصيل الحساسة للمبيدات بهدف إنتاج أصناف مقاومة ، مساحة بحثية هامة فى مجال التقنية الحيوية . فتشير التقارير إلى أنه من مساحة 52.6 مليون هكتار منزرعة بمحاصيل معدلة وراثياً ، تمثل المحاصيل المقاومة لمبيدات الحشائش 77% من تلك المساحة ، تغطى أصناف فول الصويا المقاومة لمبيدات الحشائش وحدها أكثر من 60% من المساحة المنزرعة بتلك المحاصيل . وقد أمكن تحقيق إنجازات هامة فى مجال إنتاج سلالات معدلة وراثياً من المحاصيل الحقلية المختلفة مقاومة لمبيدات glufosinate ، glyphosate ، imidazolinones ، bromoxynil .... وغيرها .

وقد صاحب زراعة أصناف المحاصيل المقاومة للمبيدات توفير 1.2 بليون دولار ، هى تكلفة شراء وإستخدام وإضافة مبيدات الحشائش وعمليات

الخدمة والحرث والعزيق اليدوى فى أمريكا . كما أسهم إنتاج أصناف من بنجر السكر مقاومة لمبيد الجليفوسات فى توفير قيمة إضافية للمزارعين قدرها 93 مليون دولار أمريكى . وساعد زراعة أصناف المحاصيل المقاومة للمبيدات على المساحة الزراعية فى أمريكا فى خفض إستخدام المبيدات بحوالى 37.5 مليون رطل . وتدل المؤشرات على أن زراعة أصناف بنجر السكر المقاومة لمبيد الجليفوسات سوف تؤدى كما ذكر Gianessi عام 2005 إلى تضاؤل هذا النقص بحوالى 1 مليون رطل .

ويساعد إتباع أنظمة الزراعة التى يستخدم فيها أصناف المحاصيل المقاومة لمبيدات الحشائش فى تشجيع نظم المكافحة المتكاملة مقارنة بالأنظمة التى تخلو من أصناف المحاصيل المقاومة لمبيدات الحشائش .

الأضرار التى تسببها الحشائش

تنمو نباتات الحشائش طبيعياً عند توافر الظروف البيئية المناسبة للنمو، وتتكاثر وتنتشر مسببة أضراراً إقتصادية بالمنتج المحصولى

وتعتبر الحشائش أحد العوامل التى تضر بالإنتاج الزراعى ، ويرجع ذلك إلى التباين الكبير فى طبيعة نموها وقدرتها على تحمل بيئات متباينة . فتستطيع بعض أنواع الحشائش مواصلة حياتها فى الأراضى الجافة أو الصحراوية أو شبه الرطبة أو البيئة المائية .

وتعطى دراسة الأضرار التى تسببها الحشائش أهمية خاصة لتكثيف العناية بعمليات المكافحة وتنويعها . ويمكن سرد الأضرار التى تسببها الحشائش فيما يلى :

1- خفض كمية المحصول نتيجة المنافسة على الماء والعناصر الغذائية والضوء وتقليل كفاءة إستخدام الأرض وخفض قيمتها الزراعية .

2- إنخفاض جودة المحاصيل سبدة إحتواء بعض أنواع الحشائش على مـواد سـامة ، ممـا يـؤدى إلى خفض قيمه الحاصلات الزراعيه والمنتجات الحيوانية .

3- تسبب مشاكل فى الرى والصرف وإعاقة حركة المياه .

4- زيادة تكاليف عمليات إستزراع وإستصلاح الأراضى الجديدة .

5- تقلـل مـن كفاءة وجهد الإنسان نظراً لما تسببه من حساسية وتسمم وحمى للقش وبعض الأمراض الأخرى .

6- تعتبر مأوى للأمراض والحشرات التى تصيب المحاصيل .

7- تـؤدى تكاليف مكافحة الحشائش إلى التأثير على أوجه الإنفاق فى نواحى الحياة الأخرى والتنمية الزراعية وغير الزراعية .

8- صعوبة إجراء عملية الحصاد .

الباب الأول

بعض المفاهيم والمصطلحات المتعلقة بطبيعة المقاومة لمبيدات الحشائش

Concepts and Terms Related to Nature of Resistance to Herbicides

توجد بعض المفاهيم والمصطلحات المتعلقة بالتفاعل بين المبيد والحشائش والصنف المحصولى وعلاقة ذلك بالمقاومة ، يجدر التنوية عنها فيما يلى (عن : عبد الرحمن،2005) :

الحشائش Weeds

تعرف الحشائش بأنها نباتات غير مرغوب فيها تنمو طبيعياً فى الأراضى الزراعية وغير الزراعية وتتكاثر وتنتشر خلال فترة زمنية غير مرغوب فيها ، وتؤدى إلى حدوث أضرار إقتصادية بالمحاصيل المنزرعة .

ويعتبر أفضل تعريف للحشائش بأنها .... أى نبات ينمو فى مكان غير مرغوب فيه ، لا يتلاءم مع العادات ويتداخل مع أنشطة الإنسان ويضر بالمحصول . ويصل تعداد أنواع الحشائش إلى حوالى 30 ألف نوع منها حوالى 1800 نوع تسبب أضراراً إقتصادية للمحاصيل الزراعية ، ينتشر منها فى جميع أنحاء العالم حوالى 300 نوع .

مبيد الحشائش Herbicide : إصطلاح يطلق على المادة الكيميائية التى تستعمل لمكافحة الحشائش التى تضر بالمحاصيل الزراعية ومصادر الغذاء اللازمة للإنسان والحيوان . وقد تكون مبيدات عامة ....غير إختيارية

2- إنخفاض جودة المحاصيل نتيجة إحتواء بعض أنواع الحشائش على مـواد سـامة ، ممـا يـؤدى إلي خفض قيمة الحاصلات الزراعية والمنتجات الحيوانية .

3- تسبب مشاكل فى الرى والصرف وإعاقة حركة المياه .

4- زيادة تكاليف عمليات إستزراع وإستصلاح الأراضى الجديدة .

5- تقلـل مـن كفاءة وجهد الإنسان نظراً لما تسببه من حساسية وتسمم وحمى القش وبعض الأمراض الأخرى .

6- تعتبر مأوى للأمراض والحشرات التى تصيب المحاصيل .

7- تـؤدى تكاليف مكافحة الحشائش إلى التأثير على أوجه الإنفاق فى نواحى الحياة الأخرى والتنمية الزراعية وغير الزراعية .

8- صعوبة إجراء عملية الحصاد .

الحساسة . حيث يؤدى تعرض الأجيال الأولى الحساسة لضغط المبيد بإستمرار إلـــى حـــدوث إنـــتخاب طبيعى للأفراد ، يؤدى إلى زيادة مستوى المقاومة فى مجمـــوع الأفـــراد . وينطبق هذا المفهوم على طبيعة مقاومة سلالات وأصناف المحاصيل لمبيدات الحشائش .

المقاومـــة المشتركة Cross-resistance : وهى ظاهرة تحدث عند إجراء ضغط انتخابى بمبيد معين لتكوين سلالة مقاومة له ، فتُظهر مقاومة لمبيد آخر ، بغض النظر عن كون المبيدين من مجموعة كيميائية واحدة أو مجموعتين مختلفتين .

المقاومـــة المـــتعددة Multi-resistance : وفـــى هذه الحالة تتكون سلالات تحت ظروف الانتخاب تقاوم تأثير مبيدين أو أكثر .

التحمل Tolerance : يعنى قدرة سلالات الحشائش على تحمل تركيز معيـــن من المبيد دون أن تموت نتيجة إمتلاكها لبعض النظم الحيوية التى تعمل علـــى هـــدم أو تغـــير طبـــيعة المادة الكيميائية ، ويتوقف ذلك على نوع المادة الكيميائية ، نوع الكائن الحى ، طريقة فعل المادة ومدة التعرض .

فـــى حيـــن تـــؤدى التركيزات الأعلى من التى يمكن أن تتحملها نباتات الحشيشة إلى قتلها ، ويتوقف هذا التركيز على عمر النبات ، مرحلة النمو ، نوع المبيد وطريقة المعاملة بالإضافة إلى العوامل البيئية . ويرتبط هذا المفهوم على تحمل أصناف المحاصيل لمبيدات الحشائش .

التحمل الفائق Vigor tolerance : وهو قدرة سلالات الحشائش على تحمل تركيز أعلى مما تتحمله السلالة الحساسة . قد يكون ذلك راجعاً إلى تحسن

ظـــروف التغذية أو زيادة الوزن والحجم ، أو ظهور سلالة إستطاعت أن تهرب من ظروف الإجهاد السيئة ، دون أن تحمل هذه الأفراد أى جينات للمقاومة . كما يحـــدث الـــتحمل الفائق بنفس الميكانيكية فى سلالات المحاصيل التى تهرب من تأثير مبيدات الحشائش .

السلالة الحساسة Susceptible strain : هى سلالة تخلو أفرادها من جينات المقاومة ، وبالتالى لا تستطيع تحمل التركيزات المرتفعة من المبيد . كما تمـــوت معظم أفرادها عند تعرضها لتركيزات منخفضة من المبيد . وتتواجد فى الطبيعة فى المناطق التى لم تعامل بالمبيدات من قبل . وينطبق هذا المفهوم على سلالات المحاصيل الحساسة لمبيدات الحشائش .

الارتـــباط السلبى للمبيدات Negative correlation herbicides :

هى ظاهرة تحدث تحت ضغط الإنتخاب بمبيد معين ، حيث تتكون سلالة مقاومة للمبيد ، مصحوباً ذلك بزيادة الحساسية لمبيد آخر . وهى عكس ظاهرة المقاومة المشتركة التى تمثل عملية إرتباط إيجابى لمقاومة المبيدات .

الباب الثانى

أسس مقاومة المحاصيل لمبيدات الحشائش
Fundamentals of Crop Resistance to Herbicides

الصفات النباتية والمعايير الإنتخابية
Plant Characters and Selection Criteria

تؤثــر مبــيدات الحشائش على نباتات المحاصيل من خلال التأثير على العمليات الحيوية والفسيولوجية والبلاستيدات الخضراء ، الميتوكوندريا ، الأغشية الخلويــة ، أيــض الأحماض الأمينية وتمثيل البروتين . ويتطلب إنتاج أصناف تتحمل مبيدات الحشائش الإلمام بالخصائص النباتية والصفات الفسيولوجية وفهم الأساس الجزيئى للعوامل المسئولة عن إكساب الأصناف صفة التحمل .

أولاً : الصــفات المورفوفســيولوجية Morpho-physiological characters

1- صفات البادرة والقدرة على إستعادة النمو
Seedling characteristics and recovery ability

تعتــبر القــدرة علــى الإنــبات والتكشــف السريع وقوة البادرات من الخصائص الهامة التى تمكن أصناف المحاصيل من تحمل أثر مبيدات الحشائش، دون تأثــير معــنوى علــى كيموحــيوى وفســيولوجى العمليات الحيوية لنبات المحصول ، مع التأثير على الحشيشة الضارة . وتؤثر خصائص الإنبات وسكون البذور فى عملية الانتخاب لسلالات وأصناف مقاومة لمبيدات الحشائش

كمـــا تعتـــبر صفة القدرة على التكشف من الصفات المؤثرة فى مقاومة ســـلالات الحشائش لتأثير المبيدات . فقد لاحظ **Ghersa** ومعاونوه (**1991**) عـــند إختبار إنبات سلالتين من الراى البرى إحداهما مقاومة والأخرى حساسة لمبـــيد diclofop-methyl فى حقول القمح . أن بادرات العشائر التى تتكشف خـــلال موسم الزراعة ، تتعرض لضغط إنتخابى تحت تأثير المبيد بدرجة أعلى مـــن العشائر مبكرة الإنبات التى تتكشف قبل زراعة القمح ، وتستبعد مع عملية الحرث أثناء إعداد مرقد البذرة .

غـــير أن طول فترة النمو الخضرى تؤثر فى قدرة الأصناف على تحمل تأثـــير مبيدات الحشائش ، فقد لوحظ أن صنفى فول الصويا Essex و Forrest مـــتأخرا النضـــج ، كانا أكثر تحملاً لمبيد metribuzin مما سمح بالقدرة على إســـتعادة الـــنمو عن الأصناف مبكرة النضج التى أضيرت بشدة من تأثير المبيد . (**Martin *et al.*, 1987**)

2- صفات المجموع الخضرى

Shoot system characters

تعتـــبر صفات عرش النبات المتمثلة فى مساحة الأوراق وإرتفاع النبات ووزن الأعضاء النباتية من المعايير المرتبطة بتحمل ضرر مبيدات الحشائش . فقـــد لوحـــظ إرتباط صفات حجم الورقة ومحتوى الماء النسبى مع تحمل هجن القمح والشعير لمبيد Paraquat . حيث لاحظ **Altinkut** وآخرون (**2001**) حـــدوث تحســـن فـــى تحمل النباتات لتأثير المبيد مع صغر حجم الورقة وزيادة محتواها النسبى من الماء ، كما إرتبطت الصفتان وتحمل الجفاف .

وتتمـــيز الأصـــناف المـــتحملة لمبيدات الاترازين و terbuthylazine بـــزيادة الـــوزن الجاف للسيقان مقارنة بالأصناف الحساسة . وهو ما لوحظ فى

وتعتبر القدره على إستشفاء الغشاء الخلوى ،من الظواهر المرتبطة بمقاومة مبيدات cyclohexanedione و aryloxyphenoxy propionic acid diphenyl ether ، وقد إرتبطت مع المقاومة على مستوى النبات الكامل، حيث وجد أن بعض الأصناف النباتية تمتلك القدرة على إستعادة الأداء الوظيفى للغشاء الخلوى عقب التعرض لتركيزات معينة من المبيدات التى تستقطب الغشاء، وهو ما لوحظ فى نبات الجازون ونباتات الأرز المعدلة وراثيا (Ha *et al.*, 2004).

ثانياً : الصفات الكيموحيوية : Biochemical characters

1- محتوى الأحماض الأمينية Amino acids content

أشارت الدراسات الكيموحيوية والفسيولوجية أن محتوى الكائن الحى من أحماض أمينية معينة له علاقة بمقاومة مبيدات الأعشاب . فقد ظهر أن النسبة بين الأيزوليوسين : الليوسين هى المسئولة عن مقاومة الشوفان لمبيدات الحشائش (Christoffers *et al.*, 2002) . كما تأيد هذا الاتجاه على مستوى طحلب الكلاميدوموناس ، حيث كانت سلالاته المقاومة للاترازين DCMU 4 و DCMU أعلى فى محتوى الجليسين مقارنة بالسيرين عند موضع الحمض الأمينى 264 مقارنة بالطراز البرى . هذه السلالة لها القدرة على تغيير أو تبديل إنتقال الالكترون كما فى النباتات الراقية (Erickson *et al.*, 1985).

كما أن التغيير من حمض السيرين إلى الجليسين فى السيانوبكتريا Cyanobacteria كان مرتبطا مع المقاومة لمبيد s-triazine ، بينما التغير من السيرين إلى الألنين هو المسئول عن مقاومة مبيد phenylurea (Ohad and Hirschberg, 1990).

4- كفاءة التمثيل الضوئى والقدرة على المنافسة

Photosynthetic and competition ability

لقـــد دُرس التمثيل الضوئى والإنتاجية فى عدد هائل من الطرز النباتية المقاومـــة والحساســـة لمبيد الترايازين triazine . ولوحظ تميز الطرز المقاومة بتركيب تشريحى جيد للورقة وقدرة عالية على التظليل وتراكيب الكلوروبلاست ذات المحـــتوى العالى من الجرانا ونسبة كلوروفيل b / a ، مع محتوى أقل من البروتين . وتكسب هذه الصفات أصناف المحاصيل القدرة على الأقلمة وتعويض إنخفـــاض مســـتوى التمثـــيل الضوئى الثانى PS II فى النباتات المقاومة لمبيد الترايازين . فقـــد لاحظ Hobbs (1987) أن معدل إنتاج المادة الجافة فى الطرز المقاومة كان أعلى من الطرز الحساسة .

5- سلامة الغشاء الخلوى ومعدل التسرب الالكتروليتى

Cell membren integrity and rate of electrolytic leakage

يعتـــبر ســـلامة الغشـــاء الخلوى واحداً من الصفات الفسيولوجية الهامة المحـــددة لـــتحمل جيرمـــبلازم المحاصيل لمبيدات الحشائش . فقد إرتبط تحمل جيرمـــبلازم الأرز لمبيد oxyfluorfen بمستوى أكسدة ليبيدات الغشاء الخلوى ودرجـــة التســـرب الالكتروليتى والذى كان مرتفعاً فى النباتات الحساسة مقارنة بالطـــرز الـــبرية وإعتمد ذلك على تعبير بروتين Protox . حيث أشار **Kuk** ومســـاعدوه (**2005**) أن الطـــرز الـــبرية مـــن الأرز الأكثر تحملاً لمبيدات oxyfluorfen و carfentrazone-ethyl ، كانـــت أقـــل فـــى معدل التسرب الالكتروليتى من الطرز المعدلة وراثياً فى الجيل المتحول الثالث T_3 .

وتعتـــبر القـــدرة علـــى إستشفاء الغشاء الخلوى ،من الظواهر المرتبطة بمقاومـــة مبيدات cyclohexanedione و aryloxyphenoxy propionic acid diphenyl ether ، وقد إرتبطت مع المقاومة على مستوى النبات الكامل، حيث وجد أن بعض الأصناف النباتية تمتلك القدرة على إستعادة الأداء الوظيفى للغشـــاء الخلـــوى عقـــب التعرض لتركيزات معينة من المبيدات التى تستقطب الغشـــاء، وهـــو مـــا لوحـــظ فـــى نبات الجازون ونباتات الأرز المعدلة وراثياً (Ha *et al.*, 2004) .

ثانياً : الصفات الكيموحيوية : Biochemical characters

1- محتوى الأحماض الأمينية Amino acids content

أشارت الدراسات الكيموحيوية والفسيولوجية أن محتوى الكائن الحى من أحمـــاض أمينية معينة له علاقة بمقاومة مبيدات الأعشاب . فقد ظهر أن النسبة بين الأيزوليوسين : الليوسين هى المسئولة عن مقاومة الشوفان لمبيدات الحشائش (Christoffers *et al.*, 2002) . كمـــا تأيد هذا الاتجاه على مستوى طحلب الكلامـــيدوموناس ، حيث كانـــت سلالاتـــه المقاومـــة للاترازيـــن DCMU 4 و DCMU أعلـــى في محتوى الجليسين مقارنة بالسيرين عند موضع الحمض الأمينى 264 مقارنة بالطراز البرى. هذه السلالة لها القدرة على تغيير أو تبديل إنتقال الالكترون كما فى النباتات الراقية (Erickson *et al.*, 1985) .

كمـــا أن التغـــير مـــن حمـــض السيرين إلى الجليسين فى السيانوبكتريا Cyanobacteria كان مرتبطاً مع المقاومة لمبيد s-triazine ، بينما التغير من الســـيرين إلـــى الألنيـــن هـــو المســـئول عـــن مقاومـــة مبـــيد phenylurea (Ohad and Hirschberg, 1990) .

كمـــا أعزيـــت المقاومـــة لمبيـــد الترايازيـــن فى أجناس Brassica ، Chenopodium ، Solanum إلى إحلال السيرين 264 بالجليسين أو الألنين . (**Erickson *et al.*, 1984**) .

2- النشاط الإنزيمى ومضادات الأكسدة

Enzyme activity and antioxidants

لوحظ زيادة مستوى نشاط عديد من الإنزيمات ومضادات الأكسدة عقب التعرض للمعاملة بمبيدات الأعشاب ، والتى تعمل على حماية الوظائف الحيوية والفســيولوجية الــتى تدور فى فلك النبات . فقد إرتبط المستوى المرتفع لنشاط إنـــزيم Protoporphyrinogen-IX oxidase (Protox) مع تحمل أصناف الأرز لمبـــيدى oxyfluorfen , chlorophthalim مقارنـــة بالصنف الحساس Anjou (**Hirak *et al.*, 2000**) .

ولقـــد لوحظـــت زيـــادات معنوية فى مستوى Cytosolic Cu / Zn-Superoxide dismutase وإنـــزيمات البيروكســـيديز 1 و 2 والكتالـــيز فى الطرز البرية من الأرز بعد 48 ساعة من المعاملة بمبيد oxyfluorfen ، بينما عانت النباتات المعدلة وراثياً من إجهاد المواد المؤكسدة التى تكونت تحت تأثير إجهاد المبيد (**Jung and KyoungWhan, 2005**) . كما إزداد نشاط إنزيم البروتيـــيز فـــى أصـــناف الأرز والراى المقاومة لمبيدات الحشائش والمبيدات الحشـــرية ، فى إشارة إلى دورها المعنوى فى المقاومة لإجهادات البيئة المختلفة (**Sohail – Ahmed *et al.*, 2005**) .

ويعتـــبر محـــتوى الثـــيول فى النبات كأحد مضادات الأكسدة ذو علاقة وتحمـــل تأثير مبيدات الحشائش . فعند دراسة العلاقة بين تحمل مبيد الحشائش chloroacetanilides ومســـتوى الجلوتاثيون فى بعض الأنواع النباتية ، وجد

Breaux وآخــرون (**1985**) أن معظم الثيول الذى أمكن تقديره فى بادرات عديد من الأنواع النباتية المتحملة والحساسة كان من نوع الجلوتاثيون ، بينما فى فــول الصـــويا ولوبـــيا العلـــف والبرســـيم الحجـــازى كـــان مـــن الـــنوع Homoglutathione . وأشـــار التحليل الكمى إلى تميز بادرات الذرة الشامية المـــتحملة للمبيد بمحتوى أعلى من الجلوتاثيون عن بادرات الخشائش الحساسة ، وصاحب المعدلات العالية من مبيد alachlor و metolachlor إنتاج مستويات عالـــية مـــن الجلوتاثيون فى بادرات الذرة الشامية . كما أعزيت مقاومة نباتات الأرز والـــذرة الشـــامية والقمح لمبيد الاترازين atrazine إلى هدم سمية المبيد بإنزيم Glutathione s-transferase (**Oxtoby and Hughes, 1989**) . وأعزيت مقاومة سلالات الأرز M4 , M7 المعدلة وراثياً لمبيد oxyfluorfen إلـــى القـــدرة على الحد من تراكم الـــ Protoporphyrin فى السيتوسول بفعل النشاط المرتفع لإنزيم Protox فى الكلوروبلاست والميتوكوندريا (**Jung** ***et al.*****, 2004**) .

الباب الثالث

الاختلافات الصنفية ومصادر التحمل لمبيدات الحشائش

Varietal Differences and Sources of Tolerance to Herbicides

تختلف أنواع وأصناف المحاصيل فى قدرتها على تحمل مبيدات الحشائش ، غير أن هذه الاختلافات لم تستغل فى برامج تربية أصناف مقاومة لقرون طويلة . ولقد سُجلت إختلافات واضحة فى المقاومة فى عديد من المحاصيل الحقلية يمكن سردها على النحو التالى :

القمح Wheat

تعتبر الأصناف الأجنبية Clearfield WHTJN 2 ، Clearfield WHTJ STL الناتجة من الانتخاب المنسب متحملة لمبيد imidazolinone . ولقد تميز صنف القمح HD 2687 بقدرة عالية على منافسة حشائش الفلارس حيث سجل أقل وزن جاف للحشيشة بعد 90 يوم من الزراعة ، وتميز بأعلى عدد من السنابل وتراكم المادة الجافة ومحصول الحبوب (6709 كجم / هكتار) مقارنة بالأصناف HD 2687 , PBW 343 , WH 157 (**Chauhan** ***et al.*****, 2001**) .

كما تباينت أصناف القمح فى تحملها لمبيدات AEF 13006000 plus AEF 11500800 ، حيث إنخفض محصول الأصناف Coker 9663 ، Pioneer 2580 ، Coker 9704 ، Pioneer 2684 ، FFR 555 ، Jackson بنسبة 3 ، 5 ، 6 ، 8 ، 10 ، 16% ، على الترتيب ، وكان أعلاهم

فى معدل النقص الصنف Jackson وأعزى النقص فى محصول الأصناف إلى نقص عدد حبوب السنبلة (**Crooks *et al.*, 2004**) .

وأظهـرت أصـناف القمح AP 502 CL ، Above ، IMI-Field ، IMI-Jagger ، IMI-Madsen ضـرراً للمعاملـة بمبـيد imazamoy عند إضافته بمعدل 108 جم / هكتار (**Frihauf *et al.*, 2005**) . ويعتبر الصنف 15A Teal مـتحملاً لمبـيد imidazolinone ، فـى حيـن كـان الصنفان Brundage 96 و Conan أكـثر حساسية لضرر المبيد (**Rainbolt *et al.*, 2005**) .

الأرز Rice

أظهرت تجارب التقييم لمجموعة من 46 صنف من الأرز لتحمل مبيدى الحشـائش butachlor , oxyfluorfen بجرعة مضاعفة وأخرى موصى بها بمعـدل 3 و 0.3 كجـم / هكتار ، على الترتيب ، أن الأصناف ADT 37 ، ASD 18 ، CO 43 كانـت متحملة لمبيد butachlor مع أقل قيم لدليل السمية وأقـل نقـص لدليل مساحة الورقة مقارنة بالكنترول ، فى حين كانت الأصناف PY 3 و Giza 172 و AdD 46 حساسـة للمبـيد . وبالنسـبة لمبـيد fluorfen : كانـت الأصـناف ASD 18 ، ADT 37 ، CO 43 ، Chaitanya ، Swarna مـتحملة ، بيـنما كانت الأصناف IR 50 ، PY 3 ، IR 66 ، Giza 172 ، Xiang Chow حساسة للمبيد (**Gurusamy *et al.*, 2000**) .

وعـند تقيـيم صـنفان مـن الأرز تحـت ظروف الصوبة لتأثير مبيد V-10029 (bispyribac- sodium) ، أظهر الصنف Bengal مستوى أقل من التحمل مقارنة بالصنف Cocodrie (**Zhang and Webster, 2002**).

كمـــا كـــان صـــنف الأرز الأجنبى 9701041 RU أكثر تحملاً لمبيد Clomazone ، فـــى حين كان الصنفان 961096 RU ، Koshihikari أكثر حساســية للمبـيد (**Scherder *et al.*, 2004**) . هذا وقد أظهر صنف الأرز طويل الحبة Drew أقل ضرراً لمبيد clomazone عن الأصناف Cocodrie ، Cypress ، CL-141 و Wells . وعلـــى الجانـــب الأخر ،كان صنفا الأرز متوسطى طول الحبة Earl ، LL-401 أكثر ضرراً بين الأصناف المدروسة ، حيث قل إرتفاع النبات وإنخفض المحصول معنوياً مقارنة بالصنفين Bengal ، LL-601(**Zhang *et al.*,2004b**) .

الذرة الشامية Maize

تمــيز صـــنف الذرة الشامية MF 212 DK بأنه أقل حساسية لمبيدى oxyfluorfen ، chlorophthalim مقارنة بالصنف Anjou (**Hiraki *et al.*, 2000**) .

وكـــان الصـــنف الصـــينى 3138 Nongda أكـــثر تحمـــلاً لمبـــيد chlorsulfuron ، tribenuron-methyl مقارنـــة بالصـــنف Nongda 108 (**Fan *et al.*, 2003**) .

وتعتـــبر أصـــناف الذرة الشامية Pacific 626 ، Pacific 983 أكثر تحملاً لمبيد glufosinate ، فى حين كان الصنف CP 989 أكثر حساسية والتى أعزيـــت لتراكم نسبة أعلى من الأمونيـــا بـــه مقارنـــة بالصنفيـــن الآخرين (**Pornprom *et al.*, 2003**) . هـــذا وقـــد أظهـــرت أصناف الذرة الشامية البولـــندية Iman ، Wairus ، Krol ، Fido مســـتوى عالى من التحمل لمبيد sulfonylurea ، وإســـتجابت الأصـــناف مـــتأخرة النضج Krol ، Iman ،

Kanzler ، Magister للمبيد بطريقة مشابهة (Goebiowska and Rola, 2003) .

عـــلاوة علـــى ذلك ، كان هجين الذرة الأجنبى Cargill 2127 متحملاً لمبـــيد rimsulfuron ، فـــى حين كان الهجين Pioneer 3897 حساساً للمبيد (Fuentes and Leroux, 2003) . وأظهرت أصناف الذرة الشامية Belle ، Calico ، GH 2684 ، Reveille ، Rival مستوى عالى من التحمل لمبيد bentazone عـــند إضافته بعد الإنبات ، بينما كان الصنف Delmonte 2038 أكـــثر حساســـية لضـــرر المبيد (**Diebold *et al.*, 2004**) . وأكدت دراسة **Soltani** وآخرون (2005) حساسية هجين الذرة السكرية Delmonte 2038 لمبيد thifensulfuron **methyl** بنسبة ضرر مرئى أكثر من 92 % ، ونقص إرتفـــاع النـــبات بنســـبة 76 % والمحصول بنسبة 98 % مقارنة بالكنترول . وأظهـــرت الهجن Empire ، GH 1861 ، GH 2298 ، GH 2684 ضرر مـــرئى قـــدره 53% ، 55% ، 53% و 61% ونقص فى إرتفاع النبات بنسبة 34% ، 31% ، 32% و 26% والمحصول بنسبة 77 % ، 68 % ، 68 % ، 51% علـــى الترتيـــب . بيـــنما لـــم تـــتأثر الهجن GG 214 ، GH 2547 ، GSS 9299 ولم ينخفض محصولها .

الفول البلدى Faba bean

أظهرت تجارب التقييم وجود اختلافات عالية المعنوية بين أصناف الفول الـــبلدى فـــى تحملهـــا لمبـــيد الجليفوسات وأظهر الصنف قاهرة 2 , Hyto 24 و Line 396 مســـتوى عالى من التحمل للمبيد ، فى حين كان الصنف جيزة 2 هـــو الأكثر حساسية وأظهر الصنفان جيزة 129 ومصر 2 مستوى متوسط من التحمل للمبيد (**Darwish *et al.*, 2007**) .

فول الصويا Soybean

تتبايـــن أصناف فول الصويا فِى إستجابتها للعديد من مبيدات الأعشاب ، حيث وجدت إختلافات وراثية فى المقاومة لتقصف وتكسر السيقان بين سلالات وأصـــناف فـــول الصـــويا . وفـــى هـــذا المجال ، أظهرت الأصناف Essex و Forrest تحملاً لمبيد metribuzin عند معدل 420 جم / فدان . وكانت قدرة تحمـــل الأصـــناف 71 Cutler و Pershing و Dare حتى معدل 280 جم / فـــدان، فـــى حين كان الصنف Craufurd أكثر حساسية بالرغم من تفوقه في المحصول (**El-Batal and Abdel Gawad, 1995**) .

وأظهـــر صنفا فول الضويا Flyer و A4715 Asgrow مقاومة عالية لمبـــيد الحشائش pendimethalin (**Glover and Schapaugh, 2002**) .

كـــما كان الصنـــف H8001RR متحمـــلاً لمبيـــد الحشائـــش glyphosate (**Norsworthy, 2004**) .

بنجر السكر Sugarbeet

أظهر صنف بنجر السكر Liberty Link تحملاً لمبيد glufosinate ، بيـــنما كان الصنف Roundup Ready cultivar متحملاً لمبيد glyphosate (**May *et al.*, 2005**) .

الباب الرابع

السلوك الوراثى لتحمل مبيدات الحشائش فى المحاصيل الحقلية

Genetic Behaviour of Herbicide Tolerance in Field Crops

يتوقف نجاح مربى النبات فى برامج التربية لإنتاج أصناف مقاومة أو متحملة لمبيدات الحشائش إلى حد كبير على مدى الإلمام بطبيعة وراثة المقاومة وسلوكها فى الأجيال المتعاقبة من برنامج التربية . ويفيد ذلك فى تصميم برنامج التربية وتقييم نواتج التربية بالطريقة التى تسمح بانتخاب النباتات الأكثر تحملاً بأبسط الطرق خلال الأجيال المتعاقبة .

وتشير التقارير البحثية إلى أن المقاومة لمبيدات الحشائش تبدو صفة سائدة أو قد تكون متنحية ، وأن المقاومة صفة وراثية تتعزل مثل الصفات النباتية الأخرى .

التوريث المندلى البسيط

Simple mendelian inheritance

تُفسر وراثة المقاومة فى بعض الحالات على أساس السلوك المندلى البسيط ، حيث يختلف تأثير المبيد بين النباتات المقاومة والحساسة ، فبينما لا تتأثر الأصناف المقاومة ، يلاحظ حدوث موت لأجزاء واضحة من النسيج النباتى فى الأصناف الحساسة . وعموماً قد تكون المقاومة راجعة إلى تأثير جين واحد Monogenic أو تأثير جينين Digenic .

أو تأثـير عـدد قلـيل من الجينات Oligogenic . ويطلق على هذه الجينات بالجينات الرئيسية Major genes ، حيث يكون تأثير الجين واضحاً وتعطي هذه الجيـنات مستوى عالى من المقاومة ، كما يمكن إدخالها إلى التراكيب الوراثية وتطويعها بسهولة فى برامج التربية نظراً لأن المقاومة فى هذه الحالة تكون ذات معـامل توريث مرتفع والانتخاب لها يكون فعالاً فى الأجيال المبكرة . ويوضح جدول (4 – 1) التوريث المندلى البسيط للمقاومة لمبيدات الحشائش فى الطرز الحيوية لبعض أنواع الحشائش . كما يوضح جدول (4 – 2) جينات المقاومة لمبـيدات الحشـائش الموجـودة طبيعياً في المحاصيل المنزرعة ، وكذا النتائج المتحصل عليها تحت ظروف الانتخاب الصناعى (جدول 4 – 3) .

التوريث الكمى Quantitative inheritance

قـد تسلك المقاومة لمبيدات الحشائش سلوك الصفات الكمية التى يحكمها عديـد مـن العوامل الوراثية وذلك بناءً على تقديرات المحصول ونسبة الموت للنباتات المتأثرة بالمبيد . وفى هذه الحالة ، يسهم كل جين بتأثير صغير Minor effect فـى مجمـوع المقاومـة الأفقية . وتؤدى هذه الجينات إلى التأثير على كيموحـيوى وفسـيولوجى النبات وتغيرات فى النشاط الإنزيمى ، مما يزيد من قدرة الصنف على مقاومة المبيد . ويكون معامل توريث المقاومة الكمية أقل من المقاومـة البسيطة كما هو موضح بجدولى (4 – 4 ، 4 – 5) والانتخاب لها أقـل فاعلـية . وتكـون الإنعـزالات الناتجة من تهجين الأصناف المتباينة فى المقاومة أكثر تعقيداً .

جدول (4 - 1) : التوريث المندلى البسيط فى مقاومة المحاصيل لمبيدات الحشائش .

المبيد	النوع	العشائر النباتية	اختبار المقاومة	مقياس المقاومة	عدد الجينات
Atrazine	*Zea mays*	F_1, F_2, BC	Recommended rate	Dead/alive	1 dominant
Barban	*Hordeum vulgare*	F_2, F_3	0.8 kg ha^{-1}	Leaf chlorosis or apical inhibition	1 recessive or quantitative
Bensulfuron	*Oryza sativa*	F_1, F_2	Germination on 10^{-5} *M* agar	Visual rating	1 or 2 recessive
Bentazon	*Capsicum annuum*	F_1, F_2, BC	4.5 kg ha^{-1} on 25-day-old seedling	Visual rating	1 dominant
Butachlor	*Oryza sativa*	F_1, F_2	30 kg/ha 3- to 4-leaf seedling	Visual rating	1 recessive
Chlortoluron	*Triticum aestivum*	Substitution lines F_1, F_4	4.8 kg ha^{-1}	Visual rating	1 dominant
2,4-D	*Triticum aestivum*	F_1, F_2	0.6 kg ha^{-1} on 45-day-old plant.	Dead/alive	1 dominant
Diclofop	*Avena sativa*	F_2, BC	0.7 kg ha^{-1} at 3-leaf stage	Visual rating	2 semidominant
Difenzoquat	*Triticum aestivum*	F_2, monosomic lines, F_4	1.7 kg ha^{-1} 3- to 4-leaf stage	Visual rating	1 dominant
Metoxuron	*Triticum aestivum*	F_3, F_4, F_5	13.5 kg ha^{-1} at 2-leaf stage	Visual rating	1 recessive
Metribuzin	*Glycine max*	F_1, F_2, BC	0.12 ppm in hydroponics	Dead/alive	1 dominant
Metribuzin	*Lycopersicon esculentum*	Diallel (F_1) F_2, BC	0.25 ppm in hydroponics	Dead/alive, height and weight	1 recessive
Metribuzin	*Solanum tuberosum*	F_1, F_2, BC	0.12 ppm in hydroponics	Visual rating	1 dominant
Oxyfluorfen	*Oryza sativa*	F_1, F_2	2 kg ha^{-1} on 10-day-old seedling	Visual rating	1 recessive
Trifluralin	*Cucurbita moschata*	F_1, F_2, BC	1.1 kg ha^{-1} soil-incorporated	Visual rating	1 dominant and 1 epistatic

(عن : Powles and Holtum, 1994).

جدول (4 – 2) : وراثة المقاومة لمبيدات الحشائش فى نباتات المحاصيل المقاومة تحت الظروف المعملية

المبيد	النوع	التوريث
Bensulfuron methyl	*Oryza sativa*	1 dominant + interaction
Bentazon	*Nicotiana tabacum*	1 or 2 recessive (2 loci)
Chlorsulfuron	*Arabidopsis thaliana*	1 dominant
Chlorsulfuron	*Glycine max*	1 dominant
Chlorsulfuron	*Glycine max*	1 recessive (3 loci)
Chlorsulfuron	*Nicotiana tabacum*	1 dominant (2 loci)
2,4-D	*Arabidopsis thaliana*	1 almost recessive
Haloxyfop	*Zea mays*	1 dominant (2 loci)
Imazapyr	*Arabidopsis thaliana*	1 dominant
Imazapyr	*Zea mays*	1 semidominant (2 loci)
Imazethapyr	*Brassica napus*	1 or 2 semidominant (2 loci) additive
Imazethapyr	*Triticum aestivum*	1 semidominant
Isoxaben	*Arabidopsis thaliana*	1 semidominant (2 loci)
Paraquat	*Ceratopteris richardii*	1 recessive
Picloram	*Nicotiana tabacum*	1 dominant or semidominant (2 loci)
Primisulfuron	*Nicotiana tabacum*	1 dominant
Primisulfuron	*Zea mays*	1 dominant
Phenmedipham	*Nicotiana tabacum*	1 recessive
Sethoxydim	*Zea mays*	1 semidominant

(عن : Powles and Holtum, 1994)

جدول (3 – 4) : التوريث المندلى البسيط فى مقاومة سلالات الحشائش للمبيدات .

المبيد	النوع	العشائر النباتية	اختبار المقاومة	مقياس المقاومة	عدد الجينات
Atrazine	*Abutilon theophrasti*	F_1, F_2, F_3	1 ppm in hydroponics	Dead/alive + intermediate	1 semidominant
Chlortoluron	*Alopecurus myosuroides*	Bulk F_1	Leaf fluorescence	Inhibition recovery	2 additive
Diclofop	*Lolium multiflorum*	F_1, F_2	7.5 kg ha^{-1} *in vitro* test	Dry weight and visual injury rating	1 semidominant
Fenaxoprop	*Avena sterilis*	F_1, F_2	0.6 kg ha^{-1} at 2-leaf stage	Visual injury rating	1 semidominant
Fluazifop	*Avena sterilis*	F_2	0.55 kg ha^{-1}	Visual injury rating	1 semidominant
Haloxyfop	*Lolium rigidum*	F_1, F_2	Up to 0.2 kg ha^{-1}	Dead/alive	1 semidominant
Metsulfuron	*Lactuca serriola*	F F_2, F_3	0.5 ppm	Dead/alive + intermediate	1 semidominant
Paraquat	*Arctotheca calendula*	F_1, F_2, BC	0.8 kg ha^{-1} at 5- to 6-leaf stage	Visual injury rating	1 semidominant
Paraquat	*Conyza philadelphicus*	F_1, F_2, BC	0.5 kg ha^{-1} on seedlings	Dead/alive	1 dominant
Paraquat	*Conyza bonariensis*	F_1, F_2	10^{-5} *M* at rosette stage or *in vitro* test	Dead/alive	1 dominant
Paraquat	*Erigeron canadensis*	F F_2	10^{-5} *M* at germination and at cotyledon stages	Dead/alive	1 dominant
Paraquat	*Hordeum glaucum*	F_2, F_3	0.1 kg ha^{-1} at tillering	Dead/alive + intermediate	1 semidominant
Paraquat	*Hordeum leporinum*	F_1, F_2	0.2 kg ha^{-1}	Visual injury rating	1 semidominant
Siduron	*Hordeum jubatum*	F_2	2.2 kg ha^{-1} at germination	Radicle length	3 complimentary
Trifluralin	*Setaria viridis*	F_2	0.6 ppm at germination	Radicle length	1 recessive

(عن : Powles and Holtum, 1994).

جدول (4 – 4) : التوريث الكمي في مقاومة المحاصيل لمبيدات الحشائش .

المبيد	النوع	العشائر النباتية	اختبار المقاومة	نظام التقييم	كفاءة التوريث
Atrazine	*Linum usitatissimum*	F_1, F_3, BC	0.8 kg ha^{-1} soil incorporation	Dry matter reduction	0.29–0.34
Atrazine	*Zea mays*	Diallel (90 F_1)	6 ppm in hydroponics	Leaf mass	0.43–0.70
Bensulfuron/ Pretilachlor	*Oryza sativa*	Diallel (15 F_1)	0.36–2 kg ha-1 1- to 2-leaf stage	Plant height	0.52
Chloramben	*Cucumis sativus*	Diallel (4 F_1) F_2, BC	3 ppm in hydroponics	Visual injury rating, height and weight	0.36–0.87
Clomazone	*Zea mays*	Parent/offspring	0.02 to 1.02 kg ha^{-1} soil incorporation	Bleaching rate	0.84
Diclofop	*Zea mays*	F_1, F_2	0.8 kg/ha at 6- to 7-leaf stage	Visual injury rating	0.90–0.99
MCPA	*Linum usitatissimum*	F_3, F_4, BC	1.1 kg/ha on 1-month-old plant	Visual injury rating, height, maturity	0.16–0.36
Metribuzin	*Ipomea batatas*	Parent/offspring	0.6 ppm in hydroponics	Visual injury rating, weight	0.84–1.0
Metribuzin	*Triticum aestivum*	F_1, F_2, BC	Fluorescence	Photosynthetic inhibition	Cytoplasm + nuclear genes
Paraquat	*Lolium perenne*	Population/ offspring	0.4 kg ha^{-1}	Visual injury rating, yields	0.51–0.72
Propanil	*Glycine max*	F_1, F_2	0.8 kg ha^{-1} at 8-nodes stage	Visual injury rating	0.38–0.50
Simazine	*Brassica napus*	Diallel (42 F_1)	50 ppm in hydroponics	Visual injury rating	0.62
Simazine	*Brassica campestr*	Cross-composite population	50 ppm in hydroponics	Visual injury rating	0.57

(عن: Powles and Holtum, 1994).

جدول (4 – 5) : التوريث الكمى فى مقاومة العشائر البرية للحشائش لمبيدات الحشائش .

المبيد	النوع	العشائر النباتية	اختبار المقاومة	نظام التقييم	كفاءة التوريث
Barban	*Avena fatua*	Selfed families, 7 populations (100 families each)	0.15 kg ha^{-1} at 2- to 3-leaf stage	Visual injury rating	0–0.33
Chlortoluron	*Triticum dicoccoides*	208 families from 11 populations	5.5 kg ha^{-1} at 4- to 5-leaf stage	Visual injury rating	0.72
Glyphosate	*Convolvulus arvensis*	Diallele (20 F_1)	1.1 kg ha^{-1} on 4- to 5-month-old plant	Visual injury rating	Additive
Simazine	*Senecio vulgaris*	Selfed families (5 families)	0.7 kg ha^{-1} by soil incorporation	Seedling mortality	0.22

(عن : **Powles and Holtum, 1994**)

وفـــيما يلـــى شرح للسلوك الوراثى لمقاومة مبيدات الحشائش فى بعض المحاصيل الحقلية :

القمح Wheat

وجد أن إختلاف إستجابة القمح لمبيد difenzoquat الاختيارى لحشيشة الشـــوفان يحكمـــه جيـــن رئيســـى ســـائد يرمز له بالرمز Dfq_1 موجود على الكروموسوم 2B (**Snape *et al.*, 1987**) .

وعـــند دراســـة وراثة تحمل قمح الديورم لمبيد metribuzin من خلال تهجيـــن الصـــنف Anton المقاوم والصنف Nita الحساس وتقييم هجن الجيل الأول F_1 ، الـــثانى F_2 والثالث F_3 للاستجابة للمبيد بتقدير وزن النبات ، لم يجد **Villarroya** ومعاونوه (**2000**) فروق معنوية بين أنسال الهجن العكسية ولم تـــتأثر المقاومـــة بالوراثـــة الســـيتوبلازمية ووضح أن صفة التحمل شبه سائدة Semi-dominant . وبلغت تقديرات معامل التوريث بانحدار نسل F_3 على F_2

23% ، فى حين بلغت 52% بتقدير التباين الوراثى / التباين المظهرى لعائلات الأخوة الأشقاء فى الجيل الثانى ..

وبالتحلـيل الوراثـى لمقاومة السلالات الطفرية من القمح الدارج لمبيد imidazolinone ، تمكـن **Pozniak and Hucl, (2004)** من تعيين جين المقاومة *FS-4* السائد جزئياً فى السلالة BW755 . وأظهر تحليل الجيل الأول والـثانى والجـيل الـرجعى الأول BC_1F_1 وعشائر F2 : 3 ، أن المقاومة فى السـلالات 1A , 9A , 10A , 11A 16A ، صفة سائدة جزئياً ويحكمها جين فردى نووى . ويحكم المقاومة فى التركيب الوراثى Teal IMI 15A إثنين من الجينات النووية السائدة المستقلة . وقد سمى جين المقاومة فى السلالات 11A , 15A بـ Imi_1 , Imi_3 ، على الترتيب . وأوضحت الدراسة أن إدخال إثنين أو أكـثر مـن جيـنات المقاومة إلى تركيب وراثى معين يمنحه مستوى عالٍ من المقاومة للمبيد .

وقـد أمكـن حـتى عام 2005 حصر حوالى 10 جينات لمقاومة مبيد imidazolinone فى سلالات وأصناف القمح المقاومة (**Rainbolt *et al.*, 2005**) .

كما أمكن تعيين موقعين هما WT_1 , WT_2 مسئولين عن مقاومة سلالات القمـح المعدلة وراثياً لمبيد Glufosinate (**Howarth *et al.*, 2005**) وكذا جيـنى المقاومة GS_1 , GS_2 فى نباتات القمح المعدلة وراثياً تتحكم فى المقاومة لمبيد phosphinothricin (**Huang *et al.*, 2005**) .

الشعير Barley

أظهر التحليل الوراثى لطفرات الشعير أن المقاومة لمبيد الـ atrazine تتبع الوراثة الأمية ، وأثبت تحليل الـ PCR أن جين الكلوروبلاست *psb A* هو المسئول عن المقاومة للمبيد (**Rios *et al.*, 2003**) .

وعـند التهجيـن بين سلالات وأصناف من الشعير متباينة فى مقاومتها لمبـيد glufosinate ammonium ودراسـة سلوك المقاومة فى هجن الجيل الأول والأجـيال الرجعية ، أظهرت النتائج وجود إختلافات وراثية فى المقاومة وسـلكت فـى توريثها السلوك المندلى البسيط ويحكم وراثتها جين فردى سائد **(Bregitzer and Tonks, 2003)** .

الأرز Rice

أشـارت الدراسات الوراثية ، أن المقاومة لمبيد الـ glufosinate فى نسـل الجـيل الأول المتحول R_1 والجيل الثانى R_2 يحكمها واحداً أو إثنين من الجينات (**Jiang *et al.*, 2000**) . وقد أضاف **Zhang** وآخرون (**2003**) أن مقاومـة عشـائر الجيل الثانى من الأرز لمبيد glufosinate يحكمها جين فردى سائد يتبع السلوك المندلى البسيط .

وعلـى الجانب الآخر ، يحكم المقاومة لمبيد الاترازين فى الأرز الجين *atz A* ويتبع الانعزال فى الجيـل الأول المعـدل السـلوك المندلـى البسيـط (**Wang *et al.*, 2005**) .

الذرة الشامية Maize

أظهرت نتائج التحليل الوراثى للهجن الناتجة من آباء متباينة فى المقاومة لمـدى واسـع مـن مبيدات الحشائش فى بلجراد ، أن النسل الناتج من الهجن

المختبرة كان مقاوماً ، فى إشارة إلى أن المقاومة صفة سائدة (**Vancetovic** *et al.*, **2004**) .

وعند تهجين سلالات حساسة وأخرى مقاومة لمبيدى nicosulfuron ، mesotrione التى أضيفت بعد التكشف وتقييم سلالات وعائلات الجيل الذاتى الأول S_1 ، لم تختلف نسبة الانعزال فى العائلات معنوياً عن 1 حساس : 2 منعزل : 1 متحمل ، فى إشارة إلى أن الحساسية للمبيدين يتحكم فيها جين فردى متنحى (**Williams** *et al.*, **2005**) .

فول الصويا Soybean

أظهرت الدراسات المبكرة التى أجراها **Edwards** ومساعدوه (**1976**) أن حساسية فول الصويا لمبيد metribuzin تعزى إلى جين فردى متنحى *hm* . إلا أن **Kilen and He** (**1992**) وجدا أن تحمل مبيد metribuzin فى الطراز البرى لفول الصويا *Glycine soja* محكوم باليلات عند نفس الموقع الوراثى مماثلاً للجين *Hm* فى الأصناف المنزرعة التجارية التابعة للنوع *G.max* .

ويوجد عدد قليل من الجينات ذات السيادة الجزئية مسئولة عن المقاومة لضرر مبيد propanil (**Karazawa and Caviness, 1979**) . كما أُعزى تحمل أصناف فول الصويا لمبيد Sulfentrazone إلى جين فردى سائد (**Swantek** *et al.*, **1998**) .

وبدراسة عشائر هجن 3 : F2 الناتجة من التهجين بين صنفى فول الصويا المقاومين Asgrow A4715, Flyer مع صنفين قابلين للإصابة K87-7-95 و Essex ، تحت تأثير المعاملة بمبيد Pendimethalin بمعدل 1.68 كجم / هكتار قبل التكشف والرى عند الحاجة ، تحت ظروف البيوت

الزجاجـية . أظهرت النتائج أن المقاومة لأعراض تقصف الساق تورث كصفة كمية ، مع سيادة المقاومة فى عشيرة الهجين A 4715 × Essex .

كما أظهر الصنف Flyer حساسية أعلى لضرر المبيد حيث احتوى على عـدد قلـيل من جينات المقاومة أو اليلات مختلفة مقارنة بالصنف Asgrow A4715 . وتباينـت قـيم معامل التوريث من منخفضة (19%) فى الهجين A 4715 × Flyer ، متوسطة (33 %) فى الهجين K 87-7-95 × Flyer إلـى عالية نسبياً (52 %) فى الهجين A 4715 × Essex (جدول 4 – 6) مـع إمكانـية عـزل سلالات مقاومة فى الأجيال الانعزالية (**Glover and Schapaugh, 2002**) .

جـدول (4 – 6) : تقديـرات معامل التوريث فى المعنى العام للمقاومة لعرض تقصف السيقان تحت تأثير مبيد pendimethalin فى ثلاث عشائر من فول الصويا .

h^2†	العشيرة النباتية	
0.52**	قابل للإصابة × مقاوم	A4715 × Essex
0.33**	مقاوم × قابل للإصابة	K87-7-95 × Flyer
0.19**	مقاوم × مقاوم	A4715 × Flyer

† ، * ، ** ، معنوى عند مستويى معنوية 0.05 ، 0.01 ، على الترتيب.

قدرت قيم معامل التوريث لمكونات التباين على أساس سلالات F2 : 3

(عن : Glover & Schapaugh, 2002) .

زهرة الشمس Sunflower

تعتـبر الطرز البرية من زهرة الشمس حشائش فى حقول الذرة الشامية وفـول الصويا ومحاصيل أخرى فى شمال أمريكا . وقد أُكتشفت طرز مقاومة لـنوعى مبيدات الحشائش imidazolinones و sulfonylurea فى عشيرتى زهـرة الشـمس الـبرية ANN-PUR , ANN-KAN عند المعاملة بمبيدى

imazethapyr ، chlorsulfuron . حيث أمكن تعيين 3 جينات للمقاومة هى $AHAS_1$, $AHAS_2$, $AHAS_3$ وعـزلها وتحديد تتابعاتها لاستخدامها كمعلمات وراثـية فـى بـرامج تربـية أصناف جديدة من زهرة الشمس مقاومة لمبيدات الحشائش (**Kolkman *et al.*, 2004**) .

الريب Oilseed rape

أظهرت الدراسات المبكرة على الريب أن المقاومة لمبيد الاترازين تتبع الوراثة السيتوبلازمية ، ويتحكم فيها جين فردى *psb A* (**Beversdorf *et al.*, 1988**) . كمـا تسـلك المقاومـة لمبـيد الترايازين نفس السلوك (**Marshal, 1991**) .

وتسـلك المقاومة لمبيدى السلفونايل يوريا والجليفوسات سلوك الصفات السـائدة (**Miki *et al.*, 1990 and A.C.R.E. , 1996**) ، فى حين سلكت المقاومة لمبيدى imazethapyr , chlorsulfuron سلوك الصفات شبه السائدة (**Swanson *et al.*, 1988**) .

ويوجـد جيـن فـردى نووى سائد يحكم المقاومة لمبيد الجلوفوسينات (**ACRE., 1996**) ومبيد البروموكسينيل (**Cuthbert *et al.*, 2001**) فى عشائر الريب الناتجة من برامج التربية .

الباب الخامس

العلاقة بين تحمل مبيدات الحشائش والمحصول
Relationship Between Herbicide Tolerance and Crop Yield

تلعـــب المبيدات دوراً جوهرياً فى عديد من الأنظمة الزراعية ، ويختار منـــتجى المحاصـــيل أنواع معينة من المبيدات لاسيما الاختيارية لمكافحة أنواع معيـــنة من الحشائش . وتضاف هذه المبيدات قبل الزراعة خلطاً بالتربة أو قبيل التكشـــف أو بعده . وتتميز بثبات فى التربة ، مع بعض التحمل للتحلل الضوئى والتطاير .

وقـــد وجـــد فى الكانولا ، أن نقص المحصول الراجع إلى تثبيط عملية التمثـــيل الضـــوئى يمكن تعويضه بتقليل المنافسة مع الحشائش . حيث وجد فى الأصـــناف الحاملة لعوامل المقاومة لمبيد الاترازين ، أن الرش بالمبيد قد حقق مـــيزة فى قتل الطراز البرى للخردل Mustard الذى يتلقح معها خارجياً والذى يرتفع به محتوى حمض الأيروسيك ، مما يؤدى إلى إنخفاض جودة الزيت الناتج **(Barros and Dyer, 1988)** .

ويتمـــيز فـــول الصـــويا بمســـتوى مناســـب مـــن المقاومـــة لمبـــيد pendimethalin . غـــير أنـــه تحـــت ظروف معينة ، يكون المبيد غير كامل الاختـــيارية مؤدياً إلى ضرر المحصول وتقصف السيقان والذى تظهر أعراضه كما ذكر **Mullison** ومعاونوه **(1979)** فى أى وقت خلال موسم النمو مؤدياً إلـــى نقص الكثافة النباتية وزيادة الرقاد وتدهور المحصول دون موت النباتات . غـــير أن الدراســـات المـــتقدمة قد سجلت تحسناً فى مستويات أداء أصناف فول

الصـــويا المتحملة لمبيدات الحشائش حيث كان متوسط أداء صنف فول الصويا المـــتحمل Asgrow A4715 أفضـــل من الصنف الحساس Flyer تحت تأثير المعاملـــة بمبيد Pendimethalin بمعدل 1.68 كجم / هكتار (**Glover and Schapaugh, 2002**) .

ولقـــد لوحظ وجود علاقة بين أنظمة التعامل مع الحشائش ومدى إنتشار الحشـــرات الـــتى تصيب المجموع الخضرى فى أصناف فول الصويا المقاومة للمبـــيدات حيـــث تؤدى أساليب التعامل التى تسمح بهروب الحشائش إلى زيادة كـــثافة عشائر هذه الحشرات . فى حين تبدو الأنظمة التى تسمح بالانتشار الأقل للحشـــائش ؛ مفضـــلة لنطاط أوراق البطاطس الذى يصيب فول الصويا ، وفى جميع الأحوال ، يتأثر المحصول سلباً .

ولقـــد لوحظ تحسناً فى محصول الفول البلدى فى حقول المزارعين عند مكافحة الهالوك بمبيد الجليفوسات مرتين بمعدل 27 جم / فدان ، حيث أدى إلى إنقاص الوزن الجاف للهالوك عند الحصاد بمقدار 81.8% وزيادة محصول بذور الفول بمقدار 37.3% (**Nassib *et al.*, 1990**) .

كما زاد محصول أصناف الفول البلدى المتحملة لمبيد الجليفوسات ، فعند تجريب مستويات (صفر ، 36 و 54 جم / فدان) على ستة أصناف من الفول الـــبلدى والهالوك ، وجد درويش وآخرون (**2007**) أن معاملة الرش الموصى بهـــا (54 جـــم / فدان) قد سجلت أفضل النتائج (جدول 4 – 7) تلتها 2/3 الكمـــية الموصى بها (36 جم / فدان) . بينما حلت فى المرتبة الأخيرة معاملة الكنترول حيث سجلت أعلى عدد ووزن للهالوك فى القطعة وأقل القيم للمحصـــول البيولوجى ومحصول بذور الفول البلدى للقطعة . وقد كان الصنف المحلى قاهرة 2 والســـلالة المنتخـــبة Hyto 24 أكثر تحملاً للمبيد وسجلا أعلى القيم للنباتات الحاملة للقرون والمحصـــول البيولوجى ومحصـــول البذور . فى حين كان الصنف

جيزة 2 هو الأكثر حساسية للمبيد مسجلاً أعلى قيم لعدد ووزن الهالوك وأقل قيم للمحصول البيولوجي ومحصول البذور .

جـدول (4 – 7) : تأثـيرات التفاعل بين معاملات مبيد الجليفوسات والتراكيب الوراثية للفول البلدى .

المعاملات / الأصناف	أعداد الهالوك / القطعة التجريبية				محصول البذور / القطعة التجريبية (كجم)			
	Control	36 a.i.g	54 a.i.g	Mean	Control	36 a.i.g	54 a.i.g	Mean
Hyfo 24	20.7	10.6	2.9	11.4	0.637	0.823	0.933	0.798
Cairo 2	21.8	7.8	1.1	10.2	0.800	0.836	0.866	0.834
Giza 429	14.5	13.5	1.6	9.9	0.614	0.668	0.793	0.692
Line 396	16.4	9.5	0.2	8.7	0.606	0.775	0.810	0.731
Giza 2	27.4	8.2	1.9	12.5	0.483	0.841	0.600	0.641
Misr 2	15.4	4.6	1.9	7.3	0.661	0.604	0.773	0.679
Mean	19.4	9.0	1.6		0.634	0.758	0.796	
LSD 0.05 for Treatment (T) Genotypes (G) T x G	0.2 NS NS				0.090 0.100 0.172			

(عن : درويش وآخرون ، 2007).

وقد أشارت الدراسة التجريبية التى أجريت على تسعة أصناف من الذرة الشـامية السـكرية ، عوملـت قبل التكشف بمبيد isoxaflutole بمعدل 105 و 210 جـم / هكـتار فـي موقعـي Simcoe , Exeter . حيـث لاحـظ **O'Sullivan** ومعـاونوه (**2001**) عـدم تأثر المحصول وارتفاع النبات فى مـنطقة Exeter ، فـي حين لوحظ حدوث نقص معنوى فى الصنف Calico Belle مـع زيـادة تركيز المبيد. وأعزى ذلك إلى تأثير التفاعل بين المواقع × السنوات والذى كان معنوياً لصفات الضرر المرئى على النبات والمحصول .

وعند معاملة خمسة أصناف من القمح بعد التكشف بمبيد imazamox بمعدل 54 و 108 جم / هكتار وجد **Frihauf** وآخرون (**2005**) أن إضافة المبيد بمعدل 54 جم / هكتار كان آمناً ، فى حين أدت زيادة جرعة المبيد إلى 108 جم / هكتار إلى نقص المحصول . حيث أشار تحليل الارتباط إلى حدوث ضرر للمبيد ممثلاً فى نقص عدد الأفرع المنتجة ومحصول القمح ، فى حين زاد عدد حبوب السنبلة .

مبيدات الحشائش الموصى باستخدامها Recommended herbicides

يوجد عديد من المبيدات المستخدمة فى مقاومة الحشائش التى تنتشر فى حقول المحاصيل الحقلية . وهذه المبيدات قد تكون إختيارية أو غير إختيارية وتستعمل إما قبل تكشف المحصول أو بعد التكشف . وعموماً توضح الجداول (4 – 8 .... إلى 4 – 16) مبيدات الحشائش الموصى باستخدامها فى مكافحة الحشائش فى محاصيل الحقل المختلفة .

جدول (4 – 8) : مبيدات الحشائش المستخدمة فى محصول القمح .

بعد تكشف المحصول		قبل تكشف المحصول
Metasulam	Bromoxynil	Metamitron
Metribuzin	Clodinafop-propargyl	
Sulfur	Fenoxaprop-p-ethyl	
Tecnazene	Imazamethabenz	
Tralkoxdim	Isoproturon	

(عن : Anonymous, 2001)

جدول (4 – 9) : مبيدات الحشائش المستخدمة فى محصول الأرز .

بعد بدار التقاوى	بعد الشتل	قبل بدار التقاوى
Bensulfuron-methyl	Anilofos	Oxadiazon
Bentazon	Bentazon	
Benthiocarb	Benthiocarb	
Bispyribac-sodium	Butachlor	
Fenoxaprop-ethyl	Cinmethylil	
Thiobencarb	Mefenact	
	Metsulfuron-methyl	
	Oxadiazon	
	Thiobencarb	

(عن : Anonymous, 2001)

جدول (4 – 10) : مبيدات الحشائش المستخدمة فى محصول الذرة الشامية* .

بعد تكشف المحصول	قبل تكشف المحصول	خلط قبل الزراعة	بدون حرث
Alachlor	Alachlor	Alchlor	Alachlor
Ametryn	Atrazine	Atrazine	Atrazine
Atrazine	Chloramben	Butylate	Cyanazine
Bentazon	Cyanazine	EPTC[2]	Glyphosate
Butylate	2,4 - D	Metolachlor	Paraquat
Cyanazine	Dicamba	Simazine	Pendimethalin
2,4 - D	Diuron		
Dicamba	Glyphosate		
Diuron	Linuron		
Linuron	Metolachlor		
Paraquat	Paraquat		
Pendimethalin	Pendimethalin		
Trifluralin	Propachlor		
Fluroxypyr	Simazine		

* اتبع الإرشادات المدونة على العبوة – بدقة .

(عن : USDA, 1980).

جدول (4 – 11) : مبيدات الحشائش المستخدمة فى محصول الذرة الرفيعة* .

بعد تكشف المحصول	قبل تكشف المحصول	خلط قبل الزراعة	بدون حرث
Atrazine	Atrazine	Atrazine	Atrazine
2,4 - D	Bifenox	Metolachlor	Glyphosate
Dicamba	Cyanazine	Propazine	Paraquat
Diuron	Glyphosate	Terbutryn	
Glyphosate	Linuron		
Linuron	Metolachlor		
MCPA	Paraquat		
Paraquat	Propachlor		
	Propazine		
	Terbutryn		

* اتبع الإرشادات المدونة على العبوة – بدقة

(عن : USDA, 1980)

جـدول (4 – 12) : مبيدات الحشائش المستخدمة فى الفول البلدى وبعض البقوليات صغيرة البذرة وطرق إضافتها* .

المبيد	برسيم حجازى	برسيم الأسايك أو السويدى	البرسيم الأبيض	اللادينو	البرسيم الأحمر	البرسيم الحلو	الفول البلدى
Benefin	1	1		1	1		
Chlorpropham	3	3		3	3	3	
2,4-DB	3	3		3	3		
Diallate	1	1			1	1	
Dinoseb	3	3	3	3	3	3	
Dichlobenil	3, 4			3, 4			
Diuron	3				3		
EPTC	1	1	1	1	1	1	
MCPA	3		3		3		
Metribuzin	3						
Paraquat	4						
Pronamide	3	3	3		3	3	
Propham	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	
Simazine	3						
Terbacil	3						
Trifluralin	3, 4						
Glyphosate							3
Fluazifop-p-butyl							3

1 : الإضافة خلطاً بحبيبات التربة قبل الزراعة ، 2 : الإضافة قبل تكشف المحصول ، 3 : الإضافة بعد تكشف المحصول ،

4 : خاصة ، اتبع التعليمات بدقة.

* : مراعاة معدلات مبيد الحشائش ، واتباع الإرشادات المدونة على العبوة بدقة.

(عن : USDA, 1980).

جدول (4 – 13) : مبيدات الحشائش المستخدمة فى محصول فول الصويا*

بدون حرث	خلط قبل الزراعة	قبل تكشف المحصول	بعد تكشف المحصول
Alachlor	Alachlor	Alachlor	Acufluorfen
Bifenox	Bifenox	Bifenox	Barban
Glyphosate	Chloramben	Chloramben	Bentazon
Linuron	Chlorpropham	Chlorbromuron	2,4 - DB
Metolachlor	DCPA	Chlorpropham	Dinoseb
Metribuzin	Dinitramine	DCPA	Dichlofop-methyl
Oryzalin	Fluchloralin	Dinoseb	Glyphosate
Oxyfluorfen	Metolachlor	Diphenamid	Metribuzin
Paraquat	Metribuzin	Glyphosate	Oxyfluorfen
	Oryzalin	Linuron	Fluazifop-p-butyl
	Pendimethalin	Metolachlor	
	Trifluralin	Metribuzin	
	Vernolate	Naptalam	
	Butralin	Oryzalin	
		Oxyfluorfen	
		Paraquat	
		Propachlor	

* اتبع الإرشادات المدونة على العبوة – بدقة.

(عن : USDA, 1980)

جدول (4 – 14) : مبيدات الحشائش المستخدمة فى محصول الفول السودانى* .

خلط قبل الزراعة	عند الزراعة	فى وقت الإنشقاق	بعد تكشف المحصول
Alachlor	Alachlor	Alachlor	Bentazon
Benefin	Chloramben	Dinoseb	Dinoseb
Metolachlor	Dinoseb	Diphenamid	2,4 - DB
Trifluralin	Diphenamid		Metolachlor
Vernolate	Metolachlor		Fluazifop-p-butyl
	Naptalam		Clethodim
	Trifluralin		
	Vernolate		

* اتبع الإرشادات المدونة على العبوة – بدقة.

(عن : USDA, 1980).

جدول (4 – 15) : مبيدات الحشائش المستخدمة فى محصول القطن* .

قبل الزراعة – مقاومة عامة للحشائش	خلط قبل الزراعة	قبل تكشف المحصول	بعد تكشف المحصول
Glyphosate	Bensulide	Bensulide	Cyanazine
Paraquat	Fluchloralin	Cyanazine	DCPA
	Fluometuron	DCPA	Dinoseb
	Pendimethalin	Diphenamid	Diuron
	Prometryn	Dipropetryn	DSMA' MSMA
	Trifluralin	Diuron	EPTC
		Fluometuron	Fluometuron
		Methazole	Glyphosate
		Norflurazon	Linuron
		Oryzalin	Methazole
		Pendimethalin	Oils, herbicidal
		Perfluidone	Prometryn
		Prometryn	Trifluralin
		Butralin	Fluazifop-p-butyl

* اتبع الإرشادات المدونة على العبوة – بدقة.

(عن : USDA, 1980).

جدول (16 – 4) : مبيدات الحشائش المستخدمة فى محصول بنجر السكر* .

بعد تكشف المحصول	قبل تكشف المحصول	خلط قبل الزراعة
Barban	Endothall	Cycloate
Dalapon	Ethofumesate	Diallate
Desmedipham	Nitrofen	Ethofumesate
Endothall	Paraquat	EPTC
EPTC	Propham	Pebulate
Ethofumesate	Pyrazon	Propham
Phenmedipham	TCA	Pyrazon
Propham	Metamitron	
Pyrazon		
Trifluralin		

* اتبع الإرشادات المدونة على العبوة – بدقة .
(عن : USDA, 1980).

ميكانيكية ضرر المبيد للحشائش

وعوامل الحماية للمحصول

Damage mechanism of herbicide in weeds and herbicidal antidotes (Safeners) of crop

تعتمد كثير من مجموعات مبيدات الحشائش فى طريقة فعلها على تثبيط نظام التمثيل الضوئى ، فتسبب مجموعة مركبات Triazines إيقاف عملية البناء الضوئى عن طريق تثبيط عملية التحلل الضوئى للماء ، فى حين تسبب مجموعة مركبات Substituted Ureas إيقاف عملية النقل الالكترونى التى يترتب عليها عــدم تكويــن مركــبات الطاقــة ATP و NADPH . أما مجموعة مركبات Uracils فــتعمل علــى إيقــاف تفــاعلات الضوء . وتؤدى مجموعة مركبات Benzothiadiazoles إلى عدم تثبيت ثانى أكسيد الكربون وتثبيط عملية النقل الالكترونى فى نظام التمثيل الضوئى الثانى PSII .

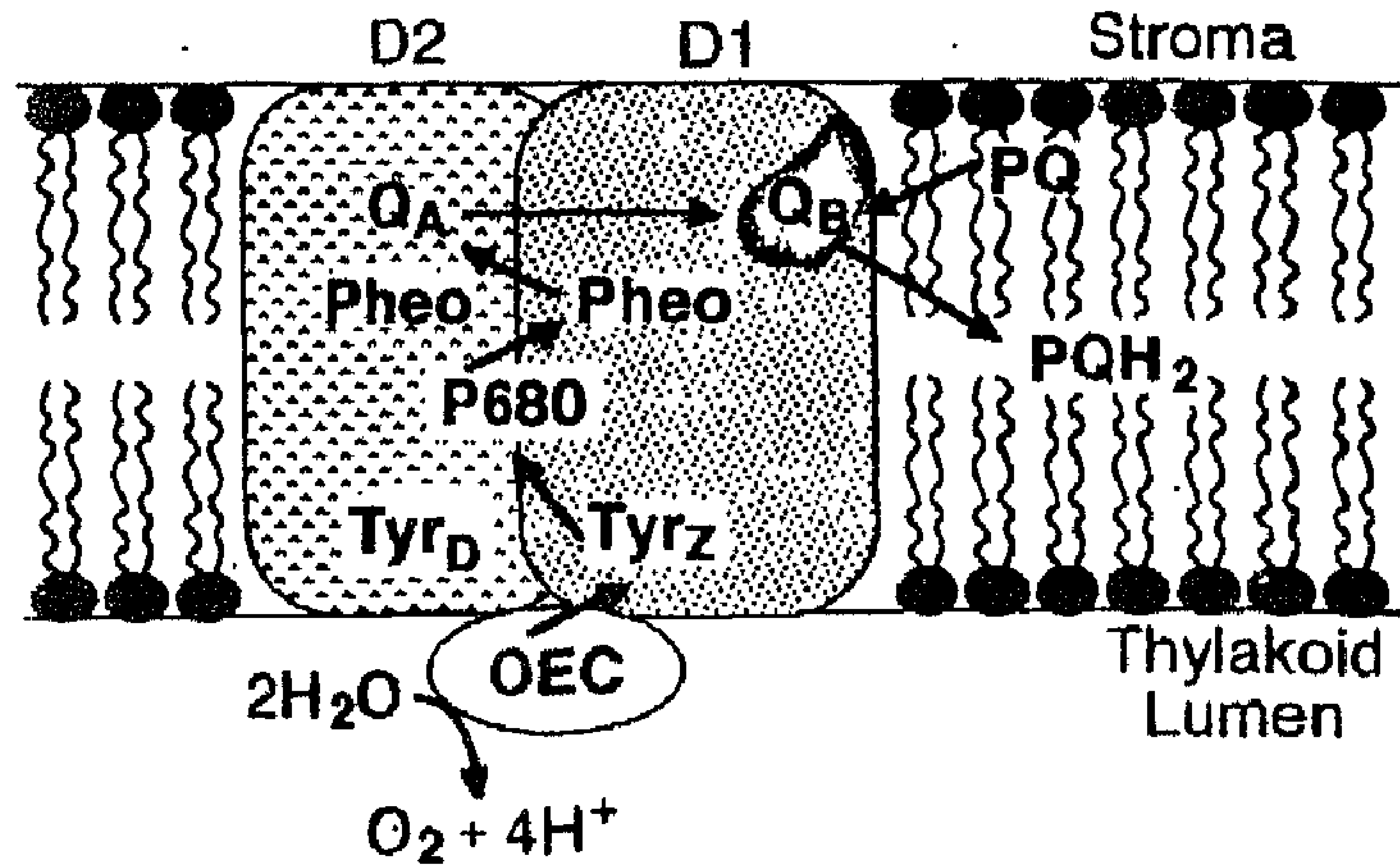
ويعتبر مبيد pendimethalin من المبيدات التى تتفاعل بإحداث خلل فى تفاعل الانقسام الميتوسى ، وخلل فى جهاز الميتوكوندريا ، وتوقف نمو الجذور وتضخم أطراف الجذور والسويقة الجنينية .

وتعــتمد ميكانيكــية مكافحة الحشائش على الامتصاص ومعدل الانتقال العــالى للمبيد وتثبيط تخليق إنزيم (Acetolactate synthase (ALS . وهو الإنزيم المسئول عن التخليق الحيوى لسلسلة الأحماض الأمينية فى النبات .

ويوضــح شكل (4 – 1) اثنان من بروتينات الغشاء السليمة D_1 , D_2 مــن مركز التفاعل ، مسئولة عن إنتقال الالكترون . وهذه تتضمن مركز تفاعل جــزئ كلوروفــيل P 680 وهــو جــزئ خــاص ، وتشــمل أيضاً علـى الـــ Pheophytin وهــو مســتقبل الكــترون رئيســى ، والحديــد غــير الصبغى

والبلاســـتوكوينون Q_A , Q_B والتى تعمل كمستقبلات ثانوية Nonheme iron للالكـــترون ، حيـــث يرتـــبط Q_A بالكـــامل مع بروتين D_2 . بينما يعتبر Q_B، بلاستوكوينون قابل للاستبدال يقع على موضع إرتباطى على بروتين D_1 .

وتتنافس المبيدات على مواقع الارتباط الموجود على أغشية الثيلاكويد . ويـــؤدى ذلك إلى إيقاف انتقال الالكترون على جانب الاختزال فى نظام التمثيل الضـــوئى الـــثانى PS II وتثبيط تدفق الالكترون من Q_A إلى Q_B . فقد لوحظ إنخفـــاض كفـــاءة تثبيت ثانى أكسيد الكربون بنسبة 20 % فى حشيشة القريص (المريـــر) نتـــيجة التغـــير فـــى معـــدل انـــتقال الالكترون وبطء حركته من بلاستوكوينون Q_A إلى Q_B مؤدياً إلى حالة من الثبات لتزكيز Q_A .



شكل (4 -1) : تخطيط مبسط لنظام التمثيل الضوئى الثانى .

تشير الأسهم إلى إتجاه تدفق الالكترون .

OEC : معقد إنطلاق الأكسجين

Tyrz : التيروسين 161 المتبقى والذى يتفاعل كمعطى للالكترون إلى كلوروفيل P680 .

P680 : مركز تفاعل جزئى الكلوروفيل

Pheo : pheophytin

Q_A : البلاستوكوينون المرتبط ببروتين D_2

Q_B : البلاستوكوينون القابل للتبادل المرتبط ببروتين D_1

P_Q : البلاستوكوينون

PQH_2 : البلاستوهيدروكوينون (عن : **Havaux, 1989**) .

وتتبايــن أصناف وهجن المحاصيل فى القدرة على تحمل ضرر مبيدات الحشائش ، كما تختلف فى القدرة على هدم سمية المبيدات بفعل الأنظمة الدفاعية في النبات .

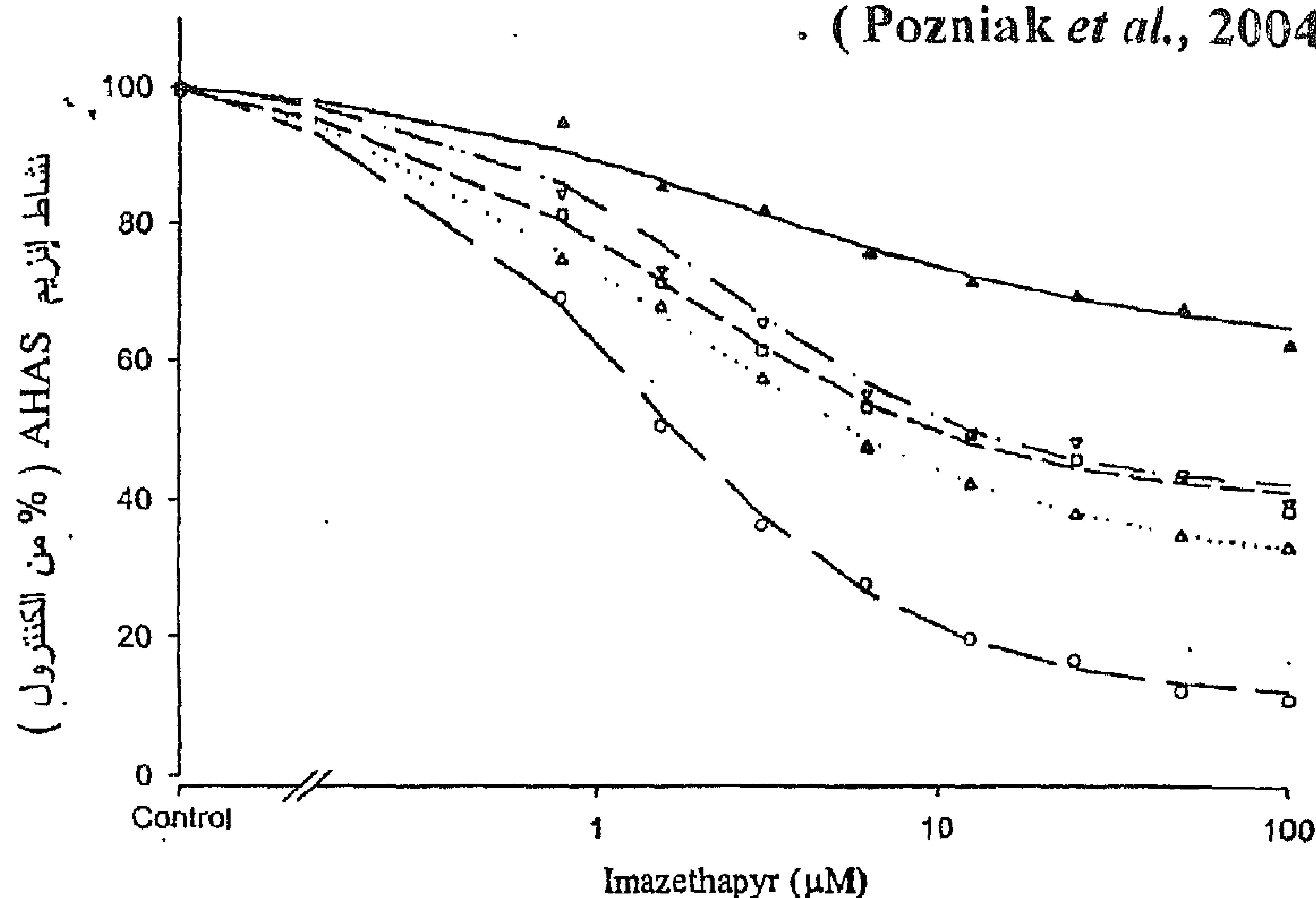
وعموماً ترجع مقاومة سلالات المحاصيل للمبيدات إلي العوامل الأتية :

1- إنخفاض مستوى إمتصاص وإنتقال المبيد عبر الجدر الخارجية .
2- سرعة إفراز المبيد خارج أنسجة النبات بوسائل الإخراج المختلفة .
3- هــدم سمية المبيد عن طريق تفاعلات التمثيل المختلفة مثل التحلل المائى والأكسدة والارتباط .
4- وجود أنظمة حماية تشمل النشاط الإنزيمى ومضادات الأكسدة تؤدى إلى تكسير المبيد أو تحويله إلى أشكال أقل سمية أو غير سامة لنبات المحصول .
5- حدوث طفرات في بروتينات معينة تقلل من إرتباط المبيد بها .

وقد أمكن بالمطفرات وطرق الانتخاب والمعلمات الوراثية إكتشاف عديد مــن جيــنات *ALS* الــتى تمنح محاصيل القمح والذرة الشامية والريب وزهرة الشمس صفة التحمل للمبيدات .

وفــى هــذا المجــال ، فقــد تميز هجين الذرة الشامية Cargill 2127 المــتحمل لمبــيد rimsulfuron بالامتصاص والانتقال المنخفض للمبيد وهدم ســميته ونقص حساسية إنزيم ALS ، ومن ثم أقل ضرر بالمبيد . فى حين أدى الامتصــــاص والانتقال السريع للمبيد فى الهجين الحساس Pioneer 3897 إلى ضرر ملحوظ عند درجات الحرارة العالية تحت الظروف الحقلية **(Fuentes and Leroux, 2003)** . كمـــا أعزيت مقاومة أربع سلالات من القمح لمبيد imazethapyr إلــى نقص حساسية إنزيم Acetohydroxyacid synthase

(AHAS) لتأثـــير المبيد عن الصنف الحساس CDC Teal (شكل 4 - 2) (Pozniak *et al.*, 2004) .



شكل(4-2) :تثبيط نشاط إنزيم AHAS فى سلالات القمح المقاومة Teal IMI 10A (□) ، Teal IMI 11A (Δ) ، Teal IMI 15A (▲) ، BW 755 (∇) والسلالة الحساسة CDC Teal (O) لمبيد imazethapyr (عن : Pozniak *et al.*, 2004) .

ويعتـــبر إستخدام المواد المضادة لفعل مبيدات الحشائش Herbicidal antidotes (Safeners) إتجاه جديد ومساحة بحثية هامة ، وهى مواد مضادة لفعل مبيدات الحشائش ، توفر للعديد من المحاصيل الزراعية لاسيما ذوات الفلقة الواحـــدة درجة من الحماية من الأضرار التى يمكن أن تحدثها مبيدات الحشائش المستعملة . فتعمل مادة N, N-diallyl-2,2-dichloroacetamide على حماية نـــباتات الـــذرة من التأثيرات الضارة لمبيد chlorsulfuron فتعمل على زيادة معـــدلات تمثـــيل وهـــدم هـــذا المبيد فى نبات المحصول بحث نشاط إنزيمات الجلوتاثـــيون ، مما يؤدى إلى سرعة تحطمه وحماية النبات ، فى حين لا تتأثر

عملية تمثيل المبيد فى نباتات الحشائش عريضة الأوراق الحساسة له . كما تعمل هذه الحاميات على زيادة فعالية إنزيم Acetolactase synthase (ALS) فى نباتات الذرة مما يؤدى إلى عدم تأثر نباتات الذرة بفعل المبيد .

كمـا تفـيد المركـبات الحامـية كأداة هامة فى تحديد الجينات المشفرة لإنزيمات أيض المبيدات العشبية مثل (GST_s) والبروتينات المرتبطة بمقاومة المبيدات .

ولقد وجد **Deng** وآخرون (**2003**) فى أمريكا أن جين $O_3GST\ III$ المشـفر لإنـزيم Glutathion-s-transferase يلعب دوراً هاماً فى هدم سمية مبيد pretilachlor وأيض المركبات الفينولية فى معلق خلايا الأرز والكالوس ، حيث أمكن حث نشاط هذا الإنزيم بواسطة Safener fenclorim . ولقد أوضح **Matola** **ومساعدوه فى المجر (2003)** أن إستخدام مركب الـ Herbicide safener MG-191 ومشـابهاته مـن acetal , ketal وأحـادى وثـنائى كلوروأسـيتاميدس تمـتلك قـدرة على إزالة سمية مبيد acetochlor وتحسين مسـتوى مشـابهات إنـزيم GST ، ومن ثم مقاومة مبيدات الحشائش فى الذرة الشامية .

الباب السادس

جهود التربية لتحمل مبيدات الحشائش

Breeding Efforts for Herbicide Tolerance

لقـد بذلـت جهـود كثـيرة فى مجال تحسين تحمل الأصناف لمبيدات الحشائش سواء بطرق التربية التقليدية أو بأساليب التقنية الحيوية يمكن التعرض إليها على النحو التالى :

التهجين Hybridization

يعتـبر التهجين الجنسى بين الأنواع المتوافقة من المحاصيل الحقلية من الطرق الفعالة التى تؤدى إلى نقل عوامل المقاومة للمبيدات .

ولما كانت وراثة المقاومة للمبيدات يتحكم فيها جينات نووية وكذا جينات الكلوروبلاسـت وتورث من خلال سيتوبلازم الأم ، لذا يعتبر التهجين مهماً فى تحريك هذه الجينات من الطرز الحاملة لها إلى الأصناف المنزرعة .

والمـثال على ذلك ، ما حدث فى الريب ، حيث أمكن بالتهجين الجنسى إنـتاج أول صـنف مقـاوم للاترازين عام (1986) من خلال الكلوروبلاست المشـفر لطفـرة جيـن *psbA* والتى تتبع الوراثة السيتوبلازمية ، وأمكن نقل كلوروبلاسـتات *Brassica campestris* إلـى *Brassica napus* بالتهجين الـرجعى بإستخدام النباتات المقاومة كام مع *B.napus* . وبعد ثمانى أجيال كان الجينوم النووى متماثل وراثياً .

كمـا أمكـن إنـتاج هجـن جنسية Hybrid وجسمية Cybrid تحمل الكلوروبلاست المشفرة لمقاومة مبيد الاترازين من الأجناس والأنواع القريبة إلى الريب .

ولقد أمكن بالتهجين المصحوب بالانتخاب المنسب إنتاج صنف قمح الخبز Protection بمحطة بحوث كلورادو للزراعة فى أغسطس 2004 على أساس تحمله لمبيد imazamox ، تميز بالمحصول العالى وصفات جودة الخبيز ووجود السفا والتبكير فى النضج ، وكذلك صنف القمح Infinity CL المقاوم لمبيد imadazoline المرتفع فى محصوله ، متوسط التبكير فى النضج متوسط الطول ومتوسط المقاومة لأمراض الأصداء (**Haley *et al.*, 2006a and b**).

الطفرات Mutations

تعتبر التربية بالمطفرات وسيلة هامة لاستحداث تراكيب وراثية مقاومة لمبيدات الحشائش . ويتطلب الأمر إستخدام مطفرات قوية تتفاعل مع الجينوم وتحدث طفرات عشوائية فى عديد من الجينات وتغير من مسارات الأيض الطبيعية فى النبات . ويجرى إنتخاب النباتات الحاملة للصفات المرغوبة من العشائر الناتجة ، وتُكثر الطرز المظهرية الطبيعية والتى تحمل الصفة المطلوبة.

ولقد عُرف أن صفة المقاومة لمبيد الترايازين triazine تورث من خلال :نــا .البلاستيدى وهى موجودة فى أكثر من 40 نوع من الحشائش وأوضح **Erickson ومعاونوه (1984)** أن المقاومة لمبيد triazine فى الأجناس Poa , Chenopodium , Brassica , Solanum , Amaranthus تنتج كطفرة من إحلال السيرين 264 بالجليسين أو الالنين .

وقد أمكن بمحطة بحوث كلورادو وتكساس بأمريكا فى سبتمبر 2001 ، إنتاج صنفا قمح الخبز Above , Ap 502 CL بالتهجين المتبوع بالانتخاب المنسب والمعاملة بالمطفر صوديوم آزيد . وقد تميز الصنفان بالمقاومة لمبيد imidazolinone وتحمل الجفاف (**Haley *et al.*, 2003 and Lazer *et al.*, 2003**) .

وفـــى الـــبرازيل ، ومن خلال برنامج تربية بالمطفرات بدء عام 1999 أمكـــن بالمعاملـــة بأشـــعة جامـــا + الايثـــيل ميثيل سلفونات إنتاج طفرة الأرز IAC103 ، تمـــيزت بالمقاومـــة لمبيد glufosinate وخضعت نباتات الطفرة للمعاملة بالمبيد ، وأجرى عليها تحليل الـــ RAPD لتعليم الجينات المتحكمة فى المقاومة (**Sandhu** ***et al.*****, 2002**) .

كمـــا أمكـــن فى الأرز ، إنتاج أربع سلالات طفرية بجين *ALS* مقاومة لمبيد imazethapyr ، وأظهرت الدراسات السيتولوجية تميز السلالات الجديدة Ser186-Pro ، Lys 416-Glu ، Leu 662-Pro بالمـــقاومـــــة للمبـــيـــد (**Rajguru** ***et al.*****, 2005**) .

كمـــا أمكن عزل طفرتين من الشعير تتحمل مبيد الاترازين من تجارب الانتخاب على أساس خصائص كلوروبلاست النباتات الطافرة (**Rios** ***et al.*****, 2003**) .

وأمكـــن فـــى اســـتراليا ، إنـــتخاب سلالة من صنف البرسيم الحجازى Herald الـــتابع لـــــ *Medicago littoralis* تتميز بالمقاومة العالية لعديد من مبيدات السلفونايل يوريا مثل triasuron , chlorsulfuron عقب معاملة البذور بمطفـــر الإيثـــيل ميثـــيل سلفونات EMS . وقد أظهرت السلالة FEH-1 ثبات لمقاومـــة المبيد عن الصنف Herald في وجود متبقيات تلك المبيدات فى التربة (**Howie** ***et al.*****, 2002**) .

دور التقنية الحيوية فى التربية لتحمل مبيدات الحشائش

Role of biotechnology in breeding for herbicide tolerance

يعتبر إنتاج سلالات وأصناف من المحاصيل المعدلة وراثياً المقاومة / أو المتحملة لمبيدات الحشائش أداة هامة فى تطوير وتدعيم أنظمة الزراعة الحديثة. فقد إزداد إستخدام المحاصيل المعدلة وراثياً بصورة ملحوظة خلال السنوات الأخيرة .

فيزرع على مستوى العالم فى الوقت الراهن أكثر من 52 مليون هكتار بمحاصيل معدلة وراثياً ، تمثل المساحة المنزرعة منها بأصناف مقاومة لمبيدات الحشائش حوالى 41 مليون هكتار ، منها 33.3 مليون هكتار تزرع بأصناف فول الصويا المقاومة لمبيدات الحشائش .

وقد إزدادت نسبة المساحة المنزرعة فى عام 2001 من محاصيل الذرة الشامية والكانولا والقطن وفول الصويا لتمثل حوالى 77 % من مساحة المحاصيل المعدلة وراثياً . ومن المتوقع فى المستقبل القريب زراعة أصناف جديدة معدلة وراثياً تقاوم مبيدات الحشائش من محاصيل بنجر السكر والقمح و14 محصول آخر .

وتوجد بعض المحاذير المتعلقة بإنتاج المحاصيل المعدلة وراثياً المقاومة لمبيدات الحشائش ، تتضمن مشاكل تلوث الحبوب والانعزال وتسرب وإنتقال المورثات الجينية المسئولة عن المقاومة للمبيد ، إلى جانب مشاكل الجودة التسويقية ودرجة قبول المستهلك لذلك المنتج ، مع الأخذ فى الاعتبار التطور الذى يحدث فى عشائر الحشائش بما يجعلها تقاوم فعل المبيدات المستعملة مع الاهتمام بظروف البيئة .

وعموماً ، فإن إنتاج أصناف من المحاصيل الحقلية معدلة وراثياً مقاومة لمبـيدات الحشائش يعتبر من الاتجاهات البحثية الحديثة على الساحة الزراعية . ويؤخـذ فى الاعتبار أن تكون صفة التحمل للمبيد إختيارية ، بأن يقضى المبيد على الحشائش الضارة وفى نفس الوقت لا يضر بالبيئة والمحصول المنزرع والا تكـون له تأثيرات على الإنسان والحيوان . وهذه الصفة يمكن تحقيقها بالهندسة الكيميائـية بتصميم مبيدات تتفاعل مع أهداف معينة فى نبات الحشيشة وليس لها تأثـير مضاد على فسيولوجى الثدييات وعملية التمثيل الغذائى والتخليق الحيوى للأحماض الأمينية والمركبات الحيوية الأخرى .

أولاً : معلمات دنا DNA - markers

تفـيد المعلمات الجزيئية فى تعيين جينات المقاومة لمبيدات الحشائش فى جيرمـبلازم المحاصيل وتعمل كمساعدات للانتحاب فى برامج إستنباط سلالات جديدة من المحاصيل الحقلية مقاومة لمبيدات الحشائش .

1- تقنية الـ RAPD-PCR

أمكـن بتحلـيل الـ RAPD-PCR تعيين التباين الوراثي بين سلالات الفلاريس الحساسة والمقاومة لمبيد isoproturon (**Dhawan *et al.*, 2005**) واستخدمت تقنيتا الـ PCR , SDS فى التعرف على تراكيب الفلاريس الوراثية المقاومة لمبيد الحشائش isoproturon (**Tripath, *et al.*, 2005**) .

كمـا أفـاد تكنيك الـ RAPD فى تعيين حزم معينة فى أصناف الأرز المقاومـة والحساسة لمبيد glufosinate وأمكن تعليم جينات المقاومة فى طفرة الأرز المستنبطة IAC 103 بأشعة جاما والايثيل ميثيل سلفونات (**Sandhu *et al.*, 2002**) .

ولقــد ســاعدت تقنــية الــ PCR وتحليل Western blot فى غربلة ســلالات الأرز المعدلــة وراثياً بالجينات البشرية CYP_2 B6 و CYP1A1 و CYP_2C19 لمقاومـــة مبــيدات الحشـــائش metolachlor ، mefenacet ، norflurazon (**Kawahigashi *et al.*, 2005**) .

كمــا أفــادت تقنــية الــ PCR كتكنيك حساس ومتخصص ودقيق فى إكتشــاف إحـتواء جميع النباتات المعدلة وراثياً من فول الصويا والذرة الشامية والقطــن والكــانولا على جينات مضادة لمبيدات الأعشاب Anti-horbicide genes (**Xu *et al.*, 2005**) .

2- تقنية الــ RFLP

لقــد أفــادت تقنيتا الــ RFLP , PCR فى تأكيد إنتقال جين *NiR* من صــنف الأرز Konansou باســتخدام تقنية نقل الجين بالأجروبكتريم كوسيط إنــتقال إلـــى صـــنف الأرز Koshihikari وإنــتاج نباتات مهندسة وراثياً من الكــالوس المحــتوى علـــى نشــاط إنزيم beta-glucuronidase (GUS) (**Ozawa and Kawahigashi, 2006**) .

3- معلمات التتابعات المتكررة البسيطة SSR

لقد ساعدت معلمات التتابعات المتكررة البسيطة فى تحديد طفرات الأرز الأحمــر الحاملــة لجين المقاومة *ALS* لمبيد الحشائش imazethapyr وتأكيد إنــتقال الجيــن مــن الأصــول الوراثية الحاملة له إلى سلالات الأرز الجديدة (**Rajguru *et al.*, 2005**) .

ثانياً : زراعة الأنسجة Tissue culture

1- مزارع معلق الخلايا Cell suspension cultures

تفـيد المـزارع المعلقة فى برامج الانتخاب لمقاومة مبيدات الحشائش ، وإنـتاج تباينات جسدية مقاومة من المحاصيل الحقلية . فعند تنمية خلايا جذور بـادرات أصـناف فـول الصويا على بيئة تحتوى على 2 مجم / لتر من مبيد imazethapyr ، أمكـن إنتخاب سلالات خلايا عالية المقاومة إستطاعت تكوين بذرة . حيث لاحظ **Taregyan وآخـرون (2001)** تأثير تثبيطى للمبيد على بادرات التباينات الجسدية فى مزارع الأنسجة . ولم يتضح أى اختلاف فى نشاط جين *ALS* بين الأصناف فى التباينات الجسدية الناتجة .

كمـا ساعد الانتخاب على مستوى القوارير In vitro فى الحصول على سلالات من الدخان مقاومة لمبيدات picloram و sulfonylurea و atrazine من مزارع الكالوس (عن : **Bozorgipour and Snape, 1997**) .

2- زراعة الأجنة Embryo culture

أفـاد إستخدام تكنيك مزارع الأنسجة كأداة فى إنتاج تراكيب وراثية من القمـح مـتحملة للمبـيدات من التباينات الجسدية الناتجة . حيث تم حث تكشف الكـالوس مـن الأجـنة غير الناضجة لأصناف معروفة وراثياً هى Chinese Spring المـتحمل و Sicco الحسـاس لمبيد difenzoquat . وأجرى تجزئ للكـالوس علـى بيئة منتخبة تحتوى على 5 ، 10 و 50 ميكرومول من مبيدى atrazine , difenzoquat . حيث أمكن الحصول على نباتات متجددة من جميع البيئات المنتخبة ، عدا البيئة المحتوية على أعلى تركيز للمبيد (50 µm) ، كما أختبرت أنسال النباتات المتجددة على مستوى النبات الكامل حيث لوحظ تباين فى

الاســـتجابة لمبـــيد difenzoquat مـــن قابل للإصابة إلى متحمل . ولم يمكن الحصـــول علـــى نباتات من القمح مقاومة للاترازين **(Bozorgipour and . Snape , 1997)**

كمـــا ساعد تكنيك زراعة الأنسجة باستخدام الأجروبكتريم كوسيط انتقال فـــى صـــنف الأرز Koshihikari فى الحصول على نباتات أرز معدلة وراثياً بجيـــن *NiR* مـــن الصـــنف Konansou ، تميزت بنشاط عالى لإنزيم beta-glucuronidase (GUS) . وقـــد ســـاعد فـــى ذلك تقنيتى RFLP , PCR . **(Ozawa *et al.*, 2006)**

3- زراعة المتوك Anther culture

نجـــح **Haley** ومعاونوه بمحطة بحوث كلورادو بأمريكا فى أغسطس **2004** فـــى إنـــتاج صنف قمح الخبز (Bond CL) الثنا أحادى Doupled haploid بـــزراعة متوك الهجين Yumar // TXGH 12588-120* 4/FS$_2$ والمضـــاعفة الكيماوية بالكولشسين للسلالات المنتخبة . حيث تميز هذا الصنف بالمقاومـــة لمبـــيد الحشـــائش imazamox وحشرة من القمح الروسى وتحمل الجفاف وصفات جودة الخبيز والتبكير فى النضج والطول المتوسط والمحصول المرتفع نسبياً (عن : **Haley *et al.*, 2006b)** .

كمـــا ســـاعد تكنيك زراعة المتوك الحاملة لشفرة جين الـــ *pat* المقاوم لمبـــيدات الحشـــائش فى إنتاج سلالات ثنا أحادية من الذرة الشامية . وقد أظهر تحلـــيل التـــتابعات المـــتكررة البسيطة (SSR) تكامل نظام جين الـــ *pat* فى السلالات الناتجة فيما يتعلق بالمقاومة للمبيد **(Aulinger *et al.*, 2003)** .

ثالثاً : تقنية نقل الجين

Gene transfer technology

1- تقنية قذف الجين

Partical bombardment technology

يستخدم قاذف الجينات في إحداث تحولات وراثية بجينات المقاومة لمبيدات الحشائش (شكل 4 – 3) ، ولقد أفادت تقنية قذف جين البار bar فى الأجنة غير الناضجه للقمح فى الحصول على 6 سلالات معدلة وراثياً هى 106-3a ، 116 ، 117 ، 124 ، 128 ، 129 مقاومة لمبيد bialaphos (**Pauk *et al.*, 2000**) . وفى إنتاج نباتات معدلة وراثياً من القمح فى الأرجنتين ، سميت بالصنف التجارى Oasis من خلال الحقن الدقيق للجين بكالوس الأجنة غير الناضجة باستعمال بلازميد $PAHC_{25}$ المحتوى على جين مستقبل (*GUS*) وجين *bar* الاختبارى المانح لمقاومة مبيد Basta . وأفادت تقنيتى الـ PCR و Southern blot فى وصف وتعريف التركيب الوراثى الجديد (**Melchiorre *et al.*, 2002**).

كما أمكن بتقنية قذف الجين ، نقل جين المقاومة (*PPO* , *Protox*) Protoporphyrinogen oxidase من بكتريا الباسيلس Bacillus إلى الكلوروبلاست أو السيتوبلازم ولوحظ تعبير جين المقاومة للمبيد فى نباتات الأرز والذرة الشامية الناتجة (**Li and Nicholl, 2005**).



شكل (4 – 3) : قاذف الجينات المستخدم فى إدخال دنا إلى الخلايا النباتية المستهدفة

2- إستخدام الأجروبكتريم Agrobacterium

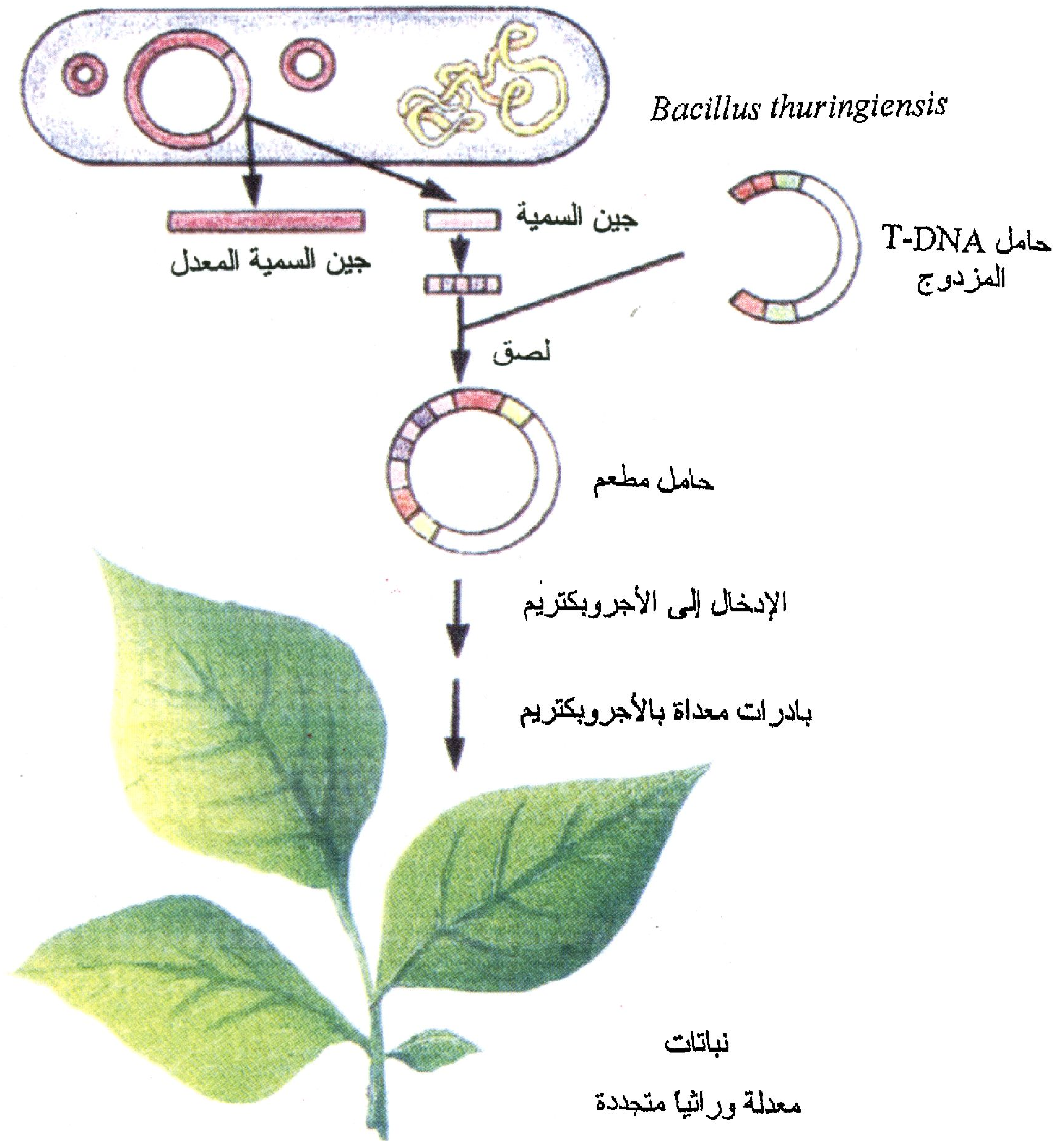
تستخدم الأجروبكتريم فى عمليات التحول الوراثى وإنتاج نباتات معدلة وراثياً مقاومة لمبيدات الحشائش (شكل 4 – 4) .

وقد أفاد إستخدام الأجروبكتريم كوسيط إنتقال فى إنتاج نباتات قمح معدلة وراثياً بجينى GS_1 , GS_2 من البسلة مقاومة لمبيد phosphinothricin من الأجنة غير الناضجة . وأمكن إثبات هذا الانتقال بتقنية الـ PCR . وقد إتضح أن المقاومة مسئول عنها التعبير الفعال لإنزيم تخليق الجلوتامين (**Huang *et al.*, 2005**) .

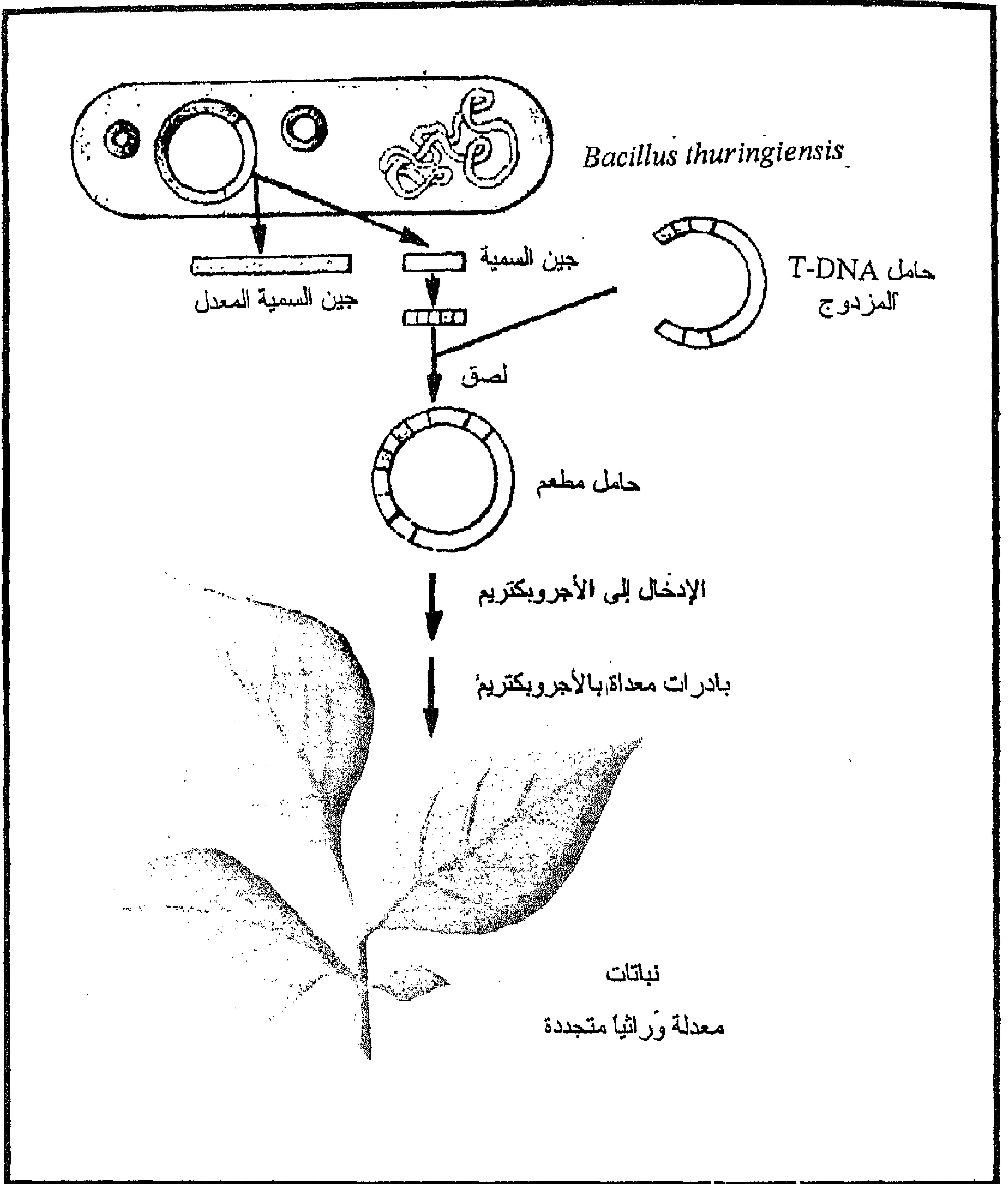
كما إستخدمت الأجروبكتريم وقذف جين البار *bar gene* فى أصناف قمح الخبز PBW 343 , CPAN 1676 وقمح الأيمر ثنائى الحبة DDK100، فى الحصول على تحولات وراثية بنسبة 4 % بتقنية قذف الجين ، وبنسبة 7.5 % باستخدام الأجروبكتريم ، كانت مقاومة لمبيد phosphinothricin (**Archana and Paranjit, 2003**) .

وفى الأرز ، أفادت الأجروبكتريم كوسيط إنتقال فى إحداث تحول وراثى بجين Plastidic protoporphyrinogen Ix oxidase المسمى بجين (*Protox*) من الأرابيدوبسيس إلى جينوم الأرز . وقد أظهرت سلالات الجيل الأول المعدل وراثياً (T_1) مقاومة لمبيد oxyfluorfen (**Ha *et al.*, 2004**).

وكذا إنتاج سلالات الأرز المعدلة وراثياً H_3, H_4, H_5, H_6, H_9 بجين الـ *Protox* البشرى ، تحسنت فيها مستويات المقاومة لمبيد oxyfluorfen وتأكد إنتقاله إلى نباتات الأرز . وأظهرت السلالة H_9 قدرة عالية على الإنبات فى وجود 20 ميكرومول من المبيد (**Lee *et al.*, 2004b**) . وفى إدخال جين مقاومة الأترازين *atz A* من *Arthrobacter* sp إلى الأجنة الناضجة لصنف



شكل (4 – 4) : إستخدام الأجروبكتريم فى نقل جين المقاومة لمبيدات الحشائش إلى خلايا الأصناف الحساسة .



شـكل (4 – 4) : إسـتخدام الأجروبكتريم فى نقل جين المقاومة لمبيدات الحشائش إلى خلايا الأصناف الحساسة .

الأرز الـــياباني Jindao 107 بالأجروبكـــتريم ، وحـــدث تعبـــير للمقاومة فى السلالات المعدلة وراثياً الناتجة (**Wang *et al.*, 2005**) .

وفـــى الذرة الشامية ، ساعد إستخدام الأجروبكتريم فى إحداث تحولات وراثية بجين Plant Protoporphyrinogen oxidase المسمى (*PPO*) من الأرابيدوبسيس ، وإنتاج سلالات معدلة وراثياً عالية التحمل لمبيد butafenacil تحت الظروف الحقلية (**Li *et al.*, 2003**) .

وتحت الظروف المصرية تمكن النجار وآخرون (**1998**) من نقل جين المقاومة لمبيد sulfonylurea داخل المعمل إلى صنفي الكتان المصرى جيزة 7 وجيزة 8 وصنف نورلن الكندى باستخدام الأجروبكتريم . وحُمل على البلازميد جين *ALS* (المسئول عن إعطاء النباتات صفة المقاومة للمبيد) بالبادئ الأصلى لـــه وجيـــن *NPT II* المسئول عن صفة المقاومة للكاناميسين كمعلم إنتخابى . وأظهرت النتائج أن حوالى 75–79% من السويقات الجنينية السفلى التى أُحدثت لهـــا العـــدوى كونـــت ســـيقان تحت الظروف الانتخابية . وإنتقل كل من جينى *NPT II* , *ALS* إلـــى جينوم الكتان كوحدة واحدة فى التراكيب الوراثية المعدلة الناتجة . وقد أمكن إستيلاد نباتات كاملة وصلت إلى مرحلة النضج .

وفـــى الريـــب ، أمكن تطوير سلالات معدلة وراثياً تحمل الجين *tfdA* المســـئول عن المقاومة لمبيد 2.4-D زرعت فى بيئة تحتوى على المبيد بتركيز عـــالى بلغ 2.5 مجم / لتر . وتحت الظروف الحقلية رشت السلالات بتركيزات تراوحـــت من 10 إلى 1000 مجم / لتر ، وأمكن عزل 4 سلالات معدلة وراثياً مقاومـــة للمبيد حتى تركيز 500 مجم / لتر . أمكن التوصية بزراعتها لمقاومة حشـــائش الهالوك المتطفلة وتحت أنظمة الزراعة الأقل خدمة (**Bisht *et al.*, 2004**)

الاتجاهات البحثية لتحمل مبيدات الحشائش فى الريب

Research approaches of herbicide tolerance in oilseed rape

لمـــا كانـــت المحاصيل التابعة للعائلة الصليبية تمتلك ميكانيكيات فريدة لـــتحمل مبـــيدات الحشائش ، لذا كان لمحصول الريب السبق فى جهود التربية الرامية إلى إنتاج أصناف متحملة لمبيدات الحشائش .

ويعتبر محصول الريب أحد مصادر الزيت الهامة فى الصناعة والتغذية، كمـــا يعتبر مفيداً من الناحية الزراعية كمحصول قلب Break crop فى دورات الحـــبوب . غـــير أن هذا المحصول يعانى من مشكلة منافسة الحشائش عريضة الأوراق والتى تساعد على إنتشار الأمراض والحشرات ، الأمر الذى يؤدى إلى نقـــص كمية وجودة المحصول والتأثير على كفاءة عملية الحصاد . لذا تركزت جهود العلماء فى تطوير أصناف من الريب مقاومة لمبيدات الحشائش من خلال طرق التربية التقليدية أو بأساليب الهندسة الوراثية .

ويعـــتمد الانـــتخاب لصـــفات تحمـــل مبيدات الحشائش فى الريب على الظروف الزراعية والبيئية Agro-environment conditions وطبيعة الصفة ونظـــام إدارة وإستراتيجية التعامل مع هذه المشكلة ..ولقد أشارت تجارب التقييم الأولـــية إلـــى أن متوســـط سلوك أصناف الريب المتحملة للمبيد Herbicide tolerance (HT) كـــان طبيعياً . كما كانت الأصناف المعدلة وراثياً المتحملة لمبـــيدات الحشائش مشابهة للأصناف التقليدية وساعد ذلك فى التعامل معها من الناحية الزراعية .

ومـــنذ الحرب العالمية الثانية ، إنتشر إستخدام المبيدات الكيماوية سواء الإختيارية أوغير الإختيارية بكثافة فى أنظمة الزراعة .

وخــلال العقــود الماضــية ، بُذلت مجهودات كبيرة لتربية أصناف من الريــب تتحمل مبيدات الحشائش ، كما هو موضح بجدول (4 – 17) ، تزرع الآن فى آلاف الهكتارات على مستوى العالم .

وتشــير تحلــيلات الوراثة الجزيئية ، إلى وجود سيادة للــجينومات فى أنظمــة تعبــير حمض رنا الريبوسومى rRNAs فى الهجن الناتجة بين أنواع الصليبيات ، وتحمل مبيدات الحشائش .

جــدول (4 – 17) : بعــض الطرق المستخدمة فى إنتاج تراكيب وراثية من الريب متحملة لمبيدات الحشائش.

المبيد	الطريقة المستخدمة	التوريث
Atrazine	Spontaneous	Chloroplastic
Bromoxynil	Transgenic	Single dominant nuclear allele
Chlorsulfuron	Microspore culture selection	Single semi-dominant nuclear allele
Chlorsulfuron	Seed mutagenesis	Not known
	Microspore culture	Not known
Glyphosate	Transgenic	Dominant
Glufosinate	Transgenic	Single dominant nuclear allele
Oxynil	Transgenic	Single dominant nuclear allele
Imazethapyr	Microspore mutagenesis	Semi-dominant
Sulfonylurea	Transgenic	Dominant?
Triazine	Protoplast fusion	Cytoplasmic

(عن : Senior and Bavage, 2003).

وفى عام 2001 أمكن زراعة أصناف الريب المحورة وراثياً المنخفضة فــى محــتوى حمض الأيروسيك Erucic والجلوكوسينولات Glucosinolate والــتى عرفــت فى كندا باسم الكانولا ، زرعت فى مساحة 2.7 مليون هكتار ،

وتمثل هذه 5 % من المساحة العالمية المنزرعة بالمحاصيل المحورة وراثياً (James, 2001) . ففى كندا ، صاحب إستخدام أصناف الريب المتحملة للمبيدات زيادة المساحة المنزرعة منه بحوالى 4 % من المساحة المحصولية عام 1996 وإلى 55% عام 2000 (Canola Council of Canada, 2001).
وفى غرب كندا ، بلغت النسبة المئوية للزيادة فى المحصول الكلى من زراعة الأصناف المعدلة وراثياً المقاومة لمبيد الـ glyphosate 40 % و imidazolinone 20 % و Glufosinate 15 % و bromoxynil 1 % . (Beckie *et al.*, 2001)

وحالياً وفى المملكة المتحدة ، يوجد إتجاه لزراعة أصناف الريب المحورة وراثياً وأجريت تجارب تقييم لتحديد أماكن زراعتها على النطاق التجارى .

تحمل مبيد الاترازين Atrazine tolerance

فى كندا ، أمكن فى أواخر السبعينيات الحصول على تراكيب وراثية من الكانولا متحملة لمتبقيات مبيد الاترازين المتخلف فى الأرض من مكافحة حشائش الذرة الشامية . وظهر أول تقرير فى عام 1981 عن إنتاج صنف كانولا متحمل للاترازين هو (OAO Triton) عن طريق التهجين الجنسى والتهجين الرجعى مع (Bird's rape) *Brassica rape* L. والذى أنتج باستخدام الكلوروبلاست المشفرة لطفرة جين *psb A* وهى صفة تورث عن طريق الأم ، إلا أن هذا الجين كان له تأثيرات متعددة غير مرغوبة أدت إلى إنخفاض المحصول بحوالى 20-30% (Beversdorff *et al.*, 1988) .

وقد أعزى نقص المحصول إلى نقص كفاءة التمثيل الضوئى تحت شدة الإضاءة العالية نتيجة التغير فى معدل تدفق الالكترون فى نظام التمثيل الضوئى

الـثانى PH II والتغيرات الحادثة فى تركيب الكلوروبلاست . كما إرتبط نقص كفاءة نظام التمثيل الضوئى الثانى مع زيادة الحساسية للحرارة .

وتشـير الـتقارير إلـى أن أكـثر من 50 % من المساحة المنزرعة بالكـانولا فـى استراليا تزرع بأصناف متحملة للاترازين ، وقد أمكن نقل صفة التحمل إلى محاصيل أخرى تابعة للعائلة الصليبية (**Rieger** ***et al.*****, 1999**) .

وقـد إسـتطاع مـربى النـبات إنـتاج أصناف من الريب تتحمل مبيد imidazolinone باسـتحداث طفـرات فـى الخلايـا الجنسـية الذكـرية Microspores . ويعتمد هذا الاتجاه على إنتاج تباينات جسدية بزراعة حبوب اللقـاح معطـية طفـرات أحادية ، يتم مضاعفة كروموسوماتها كيماوياً لإنتاج أصـناف طفرية ثنائية أصيلة وراثياً . وكانت صفة التحمل لمبيد الاترازين فى الصـنفين Scepter , Pursuit شـبه سائدة Semidominant أمكن الحصول عليها بتغيير أو تبديل جين (*ALS*) .

وعند تهجين السلالات شبه السائدة الحاملة للطفرات المختلفة PM_1 and PM_2 ، أظهـر الجيل الأول الناتج الحامل للجينين تحملاً أعلى للمبيدات مقارنة بالآباء . وقد أضافت صفة التحمل فى التراكيب الناتجة ميزة أخرى وهى التحمل لمبـيد sulfonylureas وبـدون أى تأثـير على المحصول والنضج والجودة والمقاومـة للأمـراض ومراحل النمو . ولذا زرعت كأصناف تجارية فى كندا تحت اسم Smart Canola (**Swanson** ***et al.*****, 1989 and Anon, 1998**).

تحمل مبيد السلفونايل يوريا Sulfonylurea tolerance

تشـمل السـلفونايل يوريـا مركبات الـ Sulfometuron methyl, chlorosulfuron الـتى تعتـبر من مجموعة المركبات المثبطة لتخليق إنزيم Acetolactate synthase(ALS) والـتى تعرف أيضاً بـ Acetohydroxy

acid synthase (AHAS) . ويعتـبر ALS الإنزيم الأول فى مسار التخليق الحـيوى للسلسلة الفردية للأحماض الأمينية الفالين والليوسين والأيزوليوسين . ويعتبر ALS هدفاً لمبيدات sulphonanilide , imidazolinone .

وقـد أمكـن الحصول على سلالات متحملة للمبيد عن طريق إستحداث طفـور فـى الخلايـا الجنسية الذكرية Microspores وإستحداث طفرات فى البروتوبلاسـت الأحادية. وقد إعتمد الأساس فى إنتاج هذه الطفرات على إحداث تغيرات فى جين (*ALS*) ووجد أنها صفة شبه سائدة (عن : **Senior and Bavage, 2003**).

وقد وجد فى الدخان إثنين من جينات *ALS* ، تشفر فى حقيقيات النواة ويظهر نشاط الجين فى الميتوكوندريا وفى الكلوروبلاست فى النباتات الراقية .

وقـد أمكـن إسـتحداث طفرات مقاومة لمبيد chlorsulfuron بإحلال القـاعدة C بـ T عند النيوكليوتيدة 870 منتجاً السيرين . حيث أمكن إستحداث تحـولات وراثـية باستخدام الأجروبكتريم فى الدخان والكتان والكانولا وبنجر السكر وبالقذف الدقيق للجين فى الذرة الشامية .

ولقـد أمكن تعيين نوعين من جينات *ALS* لتحمل هذا المبيد ونقلها إلى نـباتات الدخـان . وقـد وجد أن الجين *ahas 3r* المنقول من الريب كان أكثر فاعلـية مـن الجين *csrl-l* من الأرابيدوبسيس . ويؤدى إختلاف الطفرات فيما تحملـه مـن هذيـن الجينين إلى ظهور إختلافات فى القدرة على تحمل مبيدات الحشائش .

وتشـير الـتجارب الحقلية إلى أن أصناف الريب المعدلة وراثياً الحاملة لجيـن المقاومـة *csrl-l* لمبيد sulfonyureas ، يتحسن بها مستويات المقاومة لمبـيد chlorsulfuron من 9 إلى 15 ضعف ، ومقاومة مبيد flumetsulam مـن 6 إلـى 10 ضـعف ، imazamethabenz مـن 3 إلـى 6 ضـعف ،

metsulfuron مـــن 2 إلـــى 5 ضعف و imazethapyr من 1 إلى 2 ضعف (**Blackshaw *et al.*, 1994**) .

وفى التجارب الحقلية المتقدمة التي أجريت في كندا على مدى أكثر من عشـــر سنوات فى عديد من المواقع ، أشار **Harker** ومعاونوه (**2000**) إلى أن إســـتنباط أصناف من الريب مقاومة لمبيد imazethapyr قد حقق تحسناً في المحصول بحوالى 13 إلى 39 % مقارنة بالأصناف التقليدية .

تحمل مبيد الجليفوسات Glyphosate tolerance

تعتبر الجليفوسات حلقات من -5 – enolpyruvyl – shikimate –3- phosphate synthase (EPSPS) ، تمـــثل جزءً من مسار التخليق الحيوى للشيكيمات ويؤدى خلل هذا المسار إلي إيقاف إنتاج الأحماض الأمينية الأروماتية الأساســـية ، الأمر الذى يؤدى إلى موت النبات . ويؤدى المبيد إلى تثبيط تخليق إنـــزيم (EPSPS) وهو الإنزيم المسئول عن التفاعلات المؤدية إلى تكوين الـــ chorismate .

وقد أجريت عدة محاولات لإنتاج تراكيب متحملة للمبيد من خلال الإنتاج الفـــائق لإنـــزيم EPSPS بإضـــافة نسخ إضافية من شفرات جين *EPSPS* من البيتونـــيا لإعطـــاء صفة التحمل لمبيد الجليفوسات . إلا أن هذا الاتجاه لم يطبق علـــى النطاق التجارى . وقد وجد جين مماثل فى نبات الأرابيدوبسيس كان أكثر قرابة بالريب مقارنة بالبيتونيا ، يمنح التحمل للمبيد .

وعلى الجانب الأخر ، وجدت صفة التحمل العالى للجليفوسات والارتباط القـــوى لبـــيروفات الفوســـفات فى السلالة CP_4 للأجروبكتريم ، وأمكن تحديد تتابعات جين التحمل ونسخه وازدراعه وتوظيفه لإحداث تحولات في مدى واسع من المحاصيل منها الطرز الشتوية والربيعية من الريب .

كما تعتبر السلالة LBAA من الأكروموباكتر مصدراً لجين glyphosate oxidoreductase gene (*GOX*) والذى أمكن ازدراعه ليعطى مستويات مفيدة من التحمل للمبيد فى النباتات المعدلة وراثياً الناتجة (**Padgette *et al.*, 1996**).

ويؤدى دمج كل من جين *EPSPS* , *GOX* إلى إعطاء مستويات إقتصادية مفيدة من المقاومة لمبيد الجليفوسات . وتشير الدراسات الحقلية إلى تحقيق فائدة محصولية قدرها 2–4% مقارنة بنباتات الريب غير المتحملة للمبيد (**Amann, 1997**).

تحمل مبيد الجلوفوسينات أمونيوم Glufosinate ammonium tolerance

يعتبر هذا المبيد أحد المثبطات القوية لتخليق الجلوتامين (GS) الذى يستخدم فى تمثيل النيتروجين فى النباتات . ويؤدى تثبيط تخليق الجلوتامين إلى تراكم الأمونيا فى الخلايا وإيقاف التنفس الضوئى والتمثيل الضوئى وتدمير الكلوروبلاست . ويعتبر إستخدام زراعة الأنسجة لإنتاج أصناف متحملة للمبيد غير ناجحة .

وقد أشارت الدراسات إلى أن إنزيم الـ PAT – phosphinothricin N–acetyl transferase – يحول L-phosphinothricin إلى N-acetyl – L-phosphinothricin قد أكتشف فى بكتريا *Streptomyces hygroscopicus* وسمى بجين البار (*bar gene*) ومن *S.viridochromogenes* وسمى بجين البات (*pat gene*) يشفر كلاهما لإنزيم الـ PAT . وأمكن بتقنية نقل الجين إدخالهما إلى نبات الريب وإنتاج

أصناف معدلة وراثياً من الطرز الربيعية والشتوية تجود تحت الظروف الحقلية (Read and Ball, 1999).

تحمل مبيد البروموكسينيل Bromoxynil tolerance

لقد نجح إدخال جين *oxy* المأخوذ من بكتريا التربة إلى الريب والذى أدى إلى منحها القدرة على تمثيل مبيدات hydroxybenzo- nitrate ومنها البروموكسينيل . هذا وقد تمكن **Cuthbert وآخرون (2001)** من تعيين سلالتين شقيقتين معدلتين وراثياً تحملا أشكال مختلفة من جين *oxy* ، تتميز بتحمل جيد لمبيد البروموكسينيل مع عدم وجود فروق جوهرية فى الصفات الزراعية عن النباتات غير المعدلة وراثياً .

تطور المقاومة للمبيدات فى الحشائش
Development of herbicide resistance in weeds

مع الثورة الخضراء التى حدثت فى مجال الزراعة بهدف تغطية إحتياجات الإنسان من الغذاء والكساء ، ظهرت مشاكل الجيل الثانى ، المتمثلة فى تدهور المصادر الطبيعية وزيادة مشاكل الآفات والحشائش . الأمر الذى حذا بالمهتمين فى مجال الإنتاج الزراعى إلى اللجوء لاستخدام مبيدات جديدة للتغلب على هذه المشاكل . غير أنه مع إستمرار إستخدام المبيدات ، ظهرت مشكلة مقاومة الحشائش للمبيدات والتى تعتبر مثال للتطور بفعل الانتخاب الطبيعى للصفات التى سمحت لأنواع الحشائش بالأقلمة والبقاء من خلال تطور ميكانيكيات المقاومة والهروب . وقد أعزى ذلك إلى التغيرات المستمرة فى البيئة بفعل تدخل الإنسان .

وتجدر الإشارة إلى أن هذه الظاهرة لا تختلف عن التغيرات التطورية التي أدت إلى زيادة الحشرات والمسببات المرضية إستجابة لاستخدام المبيدات الحشرية والفطرية أو التغيرات التى حدثت للنباتات نتيجة إنبعاث الملوثات الصناعية من أكاسيد الكبريت والنيتروجين والعناصر الثقيلة ... وغيرها .

وتؤدى عملية الانتخاب الطبيعى إلى ظهور سلالات مقاومة نتيجة التعرض المستمر لتركيزات قاتلة من المبيد . حيث يعمل المبيد على قتل الأفراد الحساسة دون المقاومة . وباستمرار تعرض الأجيال للمبيد – تستمر عملية الانتخاب ، وتتكون سلالات مقاومة وتزداد نسبتها . وتتوقف سرعة تكوين سلالة مقاومة لمبيد ما على بعض العوامل من أهمها :

1- القدرة النسبية على التنافس لكل من السلالة المقاومة والسلالة الحساسة .

2- عدد جينات المقاومة ودرجة سيادتها ، فكلما زاد عدد جينات المقاومة إنخفضت سرعة تكوين السلالة المقاومة .

3- تكرار جين المقاومة في العشيرة ، فكلما زاد التكرار الجينى ، تكونت السلالة المقاومة أسرع .

4- حجم العشيرة ، فكلما زادت زاد إحتمال وسرعة تكوين السلالة المقاومة .

5- شدة الضغط الانتخابى ، فتؤدى زيادة الضغط الانتخابى إلى سرعة تكوين سلالة مقاومة .

6- الطور المعرض للانتخاب ، تختلف سرعة تكوين السلالة المقاومة باختلاف الطور المعرض لضغط المبيد .

وتحمل العشائر البرية وسلالات الحشائش التى تعرضت لضغط مبيد معين خصائص مورفوفسيولوجية وكيموحيوية تمكنها من تحمل المبيد . كما قد

تظهـــر طفرات تكون أقدر على البقاء والمنافسة من بقية العشيرة تحت ظروف المعاملة المستمرة بالمبيد .

ويـــؤدى الانـــتخاب تحـــت ضغط المبيد إلى تطور المقاومة خلال عدة أجـــيال، وتنتج سلالات مقاومة لهذه المبيدات . وتنمو النباتات المقاومة وتزدهر فـــى غـــياب المنافسة مع الأنواع الحساسة . وفى هذه الحالة ينبغى عدم تكرار إستعمال نفس المبيدات ، إذا كانت المبيدات البديلة متاحة .

ويوضـــح جـــدول (4 – 18) أمـــثلة لـــبعض الحشائش التى يصعب مكافحتها بواسطة مبيدات الحشائش المتخصصة بسبب قوة تحملها ووجود جينات المقاومة بها .

جـــدول (4 – 18) : حساسية بعض الحشائش للتركيزات الموصى بها للعديد من مبيدات الحشائش المتخصصة .

المبيد / الحشيشة	Alachlor	Atrazine	Chloramben	Chlorpropham	2,4-D	Diuron	EPTC	Linuron	Trifluralin
Barnyardgrass	S	I	S	I	T	S	S	S	S
Chickweed		S		S	I	S	S	S	S
Cocklebur	T	S	I	T	S	I		S	T
Crabgrasses	S	T	S	I	T	S	S	S	S
Fall panicum	S	I	I	I	T	S	S	I	S
Foxtails	S	S	S	I	T	S	S	S	S
Jimsonweed	I	S	I	I	S			S	T
Johnsongrass seedlings	I	T	I	T	T	I	S	I	S
Knotweed	T	S		S	I	S	S	I	S
Lambsquarters	I	S	S	T	S	S	S	S	S
Morningglory annual	T	S	T	I	S	I	S	S	I
Mustards	I	S	I		S	S	T	S	T
Nightshades	I	S	S		I		I	S	I
Nutsedges	I	I	T	T	I		I	T	T
Pigweeds	S	S	S	I	S	S	I	S	S
Purslane	S	S	S	S	I	S	S	S	S
Ragweed	I	S	S	T	S	S	I	S	I
Smartweed	I	S	S	S	I			S	I
Velvetleaf	T	S	I	T	I	I	I	S	T
Wild cucumber	T	S	I	T	I			S	I

S : حساس ، I : متوسط الحساسية ، T : متحمل

(عن : Ware, 1994).

وفـــى بـــرامج التربـــية لـــتحمل مبيدات الحشائش ، تعتبر هذه العشائر المـــتحملة مصـــدراً لجينات التحمل التى يمكن نقلها بأساليب التربية أو بالتقنية الحيوية إلى أصناف المحاصيل الهامة .

فقد لوحظ تحمل حشيشـــة الشوفـــان *Avena fatua* لمبيد diallat وتحمـــل الشـــعير البرى *Hordeum jubatum* لمبيد siduron ، كما اكتشفت صفة تحمل مبيد الترايازين فى عديد من السلالات التابعة للأنواع *Amaranthus* , *Senocio vulgaris* , *Solanum nigrum* , *Brassica campestris* , *Ambrosia artemisiifolia* , *Chenopodium* sp

ولقد فسرت أسباب مقاومة هذه الحشائش لمبيد الترايازين triazine إلى قدرتها على تغيير موضع تأثير المبيد . حيث يؤثر المبيد فى الحشائش الحساسة عـــن طـــريق الارتباط بواسطة روابط بروتينية مع نظام التمثيل الضوئى الثانى PSII ، ومن ثم التأثير على تفاعلات الضوء فى البلاستيدات الخضراء . كما قد يحدث تحور فى خصائص البروتين يؤدى إلى عدم إرتباط المبيد به .

ومـــن الأمـــثلة الواضحة لحالات المقاومة للمبيدات ، ما سجل فى ولاية أريزونا الأمريكية من مقاومة حشيشة جونسون لمبيد dalapon ، هذه الحشيشة ليســـت مـــن الأنـــواع المتوطنة فى المنطقة ، بل تم جلبها لاستخدامها كعلف ، وتكونـــت مـــنها بطـــرق التربية سلالات معمرة . وقد لوحظ بعد حوالى خمس سنوات أن المعاملة بمبيد dalapon قد قضى على السلالات الحساسة فقط تاركاً وراءه السلالات المقاومة ، ولم يعد للمبيد تأثير يذكر . وقد أعزيت هذه الظاهرة إلـــى وجـــود نظم حيوية بديلة فى النبات عوضاً عن النظم الحساسة التى تأثرت بفعل المبيد ، تستطيع القيام بنفس الوظيفة ، فتستطيع تحمل المبيد مما يؤدى إلى ســـيادة جيـــن السلالة الجديدة المقاومة ، لاسيما فى حالة المبيدات عالية الفاعلية والمتخصصة .

الأمان الحيوى لأصناف المحاصيل المحورة وراثياً المتحملة لمبيدات الحشائش

Biosafety of modified crop cultivars tolerant to herbicide

عند إستنباط صنف جديد من المحاصيل مقاوم أو متحمل لمبيدات الحشائش بأساليب التقنية الحيوية ، يجب الأخذ فى الاعتبار إحتياطات الأمان الحيوى التى تضمن عدم وجود أى تأثيرات ضارة لمنتجات هذا الصنف على البيئة أو الزراعة أو الجماعات المحيطة من الباحثين أو المتعاملين في مجال تداول أو إستخدام هذه المنتجات بدءً من مرحلة البحوث حتى التوزيع على النطاق التجارى .

وفى هذا الصدد ؛ ينبغى إتباع الإجراءات المناسبة للعزل لتجنب إنتشار حبوب اللقاح إلى أصناف المحاصيل المجاورة وتجنب دخول الحشرات والحيوانات ، وإجراء الاختبارات الحيوية التى تؤكد نتائجها الاستخدام الآمن لمنتجات الصنف المهندس وراثياً على صحة الإنسان والحيوان وعدم الإضرار بالمصادر الوراثية الموجودة فى البيئة ، وذلك قبل السماح باستخدام هذه المنتجات على النطاق التجارى .

وعندما تمكن **Sidhu** ومساعدوه في هولندا عام (2000) من إستنباط سلالة الذرة الشامية المعدلة وراثياً GA_{21} المتحملة لمبيد الجليفوسات Roundup Ready glyphosate GA_{21} maize ، اتبعت إجراءات الأمان الغذائى بتحليل المكونات وقياس محتوى الأحماض الأمينية والأحماض الدهنية والألياف ومحتوى العناصر والبروكسيمات فى الحبوب ، وكذا محتوى الألياف والبروكسيمات والعناصر فى ناتج العلف الأخضر، على عينات جمعت من 16

موقع حقلى على مدى موسمين . حيث تم تغذية الدواجن عمر يومين على سلالة الـــذرة بوجبة بتركيز 50–60 % وزن / وزن . وقد أشارت نتائج الاختبارات عـــدم وجـــود إخــــتلافات فى النمو وكفاءة التغذية ووزن دهن بطانة البطن بين الدجـــاج المـــتغذى علـــى حبوب السلالة GA_{21} المعدلة وراثياً أو حبوب سلالة المقارنـــة الأبوية . وعلى ذلك فإن سلالة الذرة الشامية GA_{21} آمنة من الناحية الغذائية مثل الذرة العادية .

كمـــا وجد **Aumaitre وآخرون فى هولندا (2002)** أن نباتات الذرة الشـــامية المعدلـــة وراثـــياً بجيـــنى *t-DNA* , *Bt* المقاومة للحشرات ومبيدات الحشـــائش لم يكتشف لها أى أثار ضارة فى اللبن أو الأنسجة أو صـــحة الحيوان ولم تسبب السرطان .

وفـــى القمــح ، تمـــيز صـــنف قمـــح الخبز المتحمل لمبيد الجليفوسات Roundup Ready glyphosate 33391 المســـتنبط مـــن الصـــنف المعطى Bobwhite باســـتخدام الأجروبكتريم كوسيط إنتقال ، بتحمل جرعات مضاعفة 2X مـــن المبيد غير الاختيارى حتى 4 لتر / هكتار عند مرحلة 3-5 ورقات . حيـــث لاحظ **Zhou ومعاونوه (2003)** فى أمريكا أن نباتات الصنف الجديد 33391 المعـــدل وراثياً قد أنتجت مع أو بدون إضافة المبيد محصولاً أعلى من نـــباتات الصـــنف غير المعدل وراثياً Bobwhite ، كما لم تظهر أى أعراض ضرر .

وفـــى قصب السكر ، نجح **Snyman and Leibbrandt (2003)** فـــى جـــنوب أفريقيا فى الحصول على تحولات وراثية من الصنف NCo 310 والســـلالة Line 22.2 تحمـــل جيـــن الـــ *pat* المســـئول عن المقاومة لمبيد الجليفوســـات أمونيوم glyphosate ammonium . ولم تظهر على السلالات

الجديدة الناتجة أية أعراض للسمية واستطاعت تحمل جرعة مبيد وصلت 7 لتر / هكتار مع ثبات تعبير الجين .

كمـــا أمكن فى أمريكا تطوير سلالات من البرسيم الحجازى تتحمل مبيد الجليفوسات Roundup Ready glyphosate alfalfa ، تشبه نباتات المقارنة في محصول العلف (**Mc Caslin and Fitzpatrick, 2000**) .

ولقد إزدادت المساحة المنزرعة من المحاصيل المعدلة وراثياً فى أمريكا فى الآونة الأخيرة ، وأصبحت أصناف فول الصويا المتحملة لمبيد الجليفوسات Roundup Ready (glyphosate)soybean cultivars ميســـرة لأول مرة **للمزارعيـــن عام 1997 وزرعت في 50 % من المساحة بوصول عام 1999** وفى القطن ، أصبحت تقاوى أصناف **القطن** Roundup Ready cotton seed cultivars ميســـرة للمزارعيـــن عام 1997 . وتزايدت مساهمة أصناف القطن وفـــول الصـــويا المتحملة لمبيد الجليفوسات في التجارة بنسبة 50–80 % فى بعـــض الولايـــات الأمريكية . وإزدادت هذه النسبة فى السنين التالية ، حيث تم تطوير وتسجيل عديد من أصناف المحاصيل الأخرى مثل الأرز والذرة الشامية والقمـــح . فحالياً ، وفى ظل توفر أصناف المحاصيل المقاومة لمبيدات الحشائش يمكن الحد من خطورة الحشائش .

مشاكل التربية لمقاومة مبيدات الحشائش

يواجـــه مربى النبات ومنتج المحاصيل مجموعة من المشاكل عند إنتاج أصناف مقاومة لمبيدات الحشائش نذكر منها ما يلى :

1– قـــد تعـــامل معظـــم المحاصيل بتوليفة من مبيدات الحشائش لتلافى ضرر الأنواع المتعددة من الحشائش ، **الأمر** الذى يعقد من عملية المقاومة .

2- أن صـــفة المقاومـــة لبعض مبيدات الحشائش يتحكم فيها جينات فى كلوروبلاست الخلايا وأن سيتوبلازم الأم هو المسئول عن الوراثة الأمية ، الأمر الذى يستوجب إجراء التهجينات العكسية ، مما يستلزم جهد مضاعف من مربى النبات .

3- أن عوامـــل المقاومـــة لمبيدات الحشائش غالباً ما توجد فى الطرز الـــبرية بعيدة القرابة ، وأن تهجين الأباعدِ يصاحبه عديد من مشاكل العقم وعدم التوافق .

4- قد يحدث أحياناً تسرب للجينات المسئولة عن المقاومة للحشائش من المحاصيل المعدلة وراثياً وظهور ما يسمى بالحشائش العملاقة Super weeds، الأمر الذى يؤدى إلى تطور المقاومة الطبيعية فى الحشائش للمبيدات المستعملة.

5- وجـــد أن بروتيـــن CP4 EPSPs المعدل وراثياً فى أصناف القمح المـــتحملة لمبـــيد الجليفوسات يحمل مخاطر ضئيلة Negligible risk للإنسان والحـــيوان والحياة البرية ، وكذلك بروتين AHAS فى أصناف القمح المتحملة لمبيد imidazolinone .

6- يخشى العلماء من تسرب جينات النباتات المعدلة وراثياً إلى أصناف المحاصـــيل الـــتى تؤكل . حيث لوحظ إنتقال بعضاً من هذه الجينات فى الحقل بنسبة أقل من 0.03 % .

الباب السابع

تقييم التراكيب الوراثية لتحمل مبيدات الحشائش

Evaluation of Genotypes to Herbicide Tolerance

تخـتلف الطـرق المتبعة فى تقييم جيرمبلازم المحاصيل لتحمل مبيدات الحشـائش تـبعاً لنوع المحصول ومرحلة النمو ونوع المبيد والتركيز المستخدم وكذلك مكان التقييم سواء تحت ظروف المزارع الصناعية أو البيوت المحمية أو فـى الأصـص أو غرف النمو أو باستخدام مزارع الأنسجة أو تحت الظروف الحقلية .

وعموماً فإن هناك بعض المصطلحات المستخدمة فى مجال التقييم يمكن ذكرها فيما يلى :

LD : تعنى الجرعة القاتلة Lethal dose

LD_{50} : تعنى الجرعة التى تقتل 50 %من تعداد النباتات أو حيوانات التجارب

LC : يعنى التركيز القاتل Lethal concentration

LC_{50} : يعـنى التركـيز الـذى يقـتل 50 % من تعداد النباتات أو حيوانات التجارب .

طرق التقييم

1- التقييم باستخدام المزارع الصناعية (المحاليل المغذية)

Evaluation by using hydroponic cultures

إستخدمت مزارع المحاليل الغذائية فى تقييم جيرمبلازم عديد من أصناف المحاصـيل لتحمل مبيدات الحشائش . فقد استخدمها(**Kilen and He (1992**

فـــى تقييم آباء وهجن الجيل الأول F_1 والثانى F_2 والثالث F_3 من فول الصويا بـــزراعة النباتات فى مزارع المحاليل المغذية طبقاً للطريقة الموصوفة بواسطة **Barrentine *et al.*, 1976** على النحو التالى :

1- أجـــرى تنضـــيد للـــبذور وعوملت بمطهر فطرى قبيل الإنبات فى فيرميكوليت .

2- عـــند بزوغ الفلقات وظهورها باللون الأخضر ، تم غسيل النباتات لإزالة أثر المبيد والفيرميكوليت ، ونقلت إلى خزانات تحتوى على محلول مغذى تحت ظروف الصوبة على درجة حرارة 25 ± 5 °م .

3- تـــم إدخـــال النـــباتات فـــى ثقـــوب على مسافة 10سم على قماش البوليسترين طاف على المحلول المغذى .

4- تـــم إضـــافة مبيد metribuzin بمعدل 125 ميكروجرام / لتر إلى المحلول المغذى بعد 10 أيام من الشتل قبل إنبساط الورقة الثلاثية الأولى .

أجرى تقدير مدى تحمل النباتات للمبيد عن طريق عد النباتات الميتة بعد 7 أيام من إضافة المبيد .

وقـــد أظهـــرت نـــباتات الجيل الأول للهجن بين الأصناف الحساسة × المـــتحملة ، تحمـــلاً للمبـــيد وإنعزلت نباتات الجيل الثانى بنسبة 3 متحمل : 1 حساس .

2- التقييم فى أصص فى غرف النمو تحت ظروف البيوت الزجاجية

Evaluation in pots of growth chamber under glasshouse conditions

إســـتخدمت تجـــارب الأصـــص فى غرف النمو تحت ظروف البيوت الزجاجـــية فـــى تقييم ثلاثة أصنـــاف من الـــذرة الشاميـــة هـــى CG 4526 ، PAN 6043 و PAN 6140 لمبـــيدى atrazine , terbuthylazine عـــند

طـــور الورقتين والأربع ورقات بمعدل 2.5 لتر / هكتار و 1 لتر / هكتار تحت ظروف البيوت الزجاجية فى غرف النمو تحت نظام حرارى 20 / 15 أو 30 / 25° م (نهـــار / لـــيل) ، علـــى الترتيـــب (Khorommbi and Reinhardt, 2002) . وقد أظهرت النتائج ما يلى :

- حـــدوث ضرر معنوى للمبيد على النباتات عند مرحلة الورقة الثانية مقارنة بطور الورقة الرابعة على الصنف PAN 6043 .

- عـــند درجـــة الحرارة المنخفضة وتحت تأثير المبيدين ، حدث نقص معنوى فى الوزن الجاف الكلى للمجموع الخضرى بأكثر من 40 % فى الصنف CG 4526 ، بينما كان النقص أقل من 10 % فى الصنف PAN 6140 .

- مـــع إرتفـــاع درجة الحرارة أظهر الصنف CG 4526 تحملاً أعلى للمبـــيد ، حيث بلغ معدل النقص فى الوزن الجاف للسيقان حوالى 17 % ، فى حيـــن كـــان معدل النقص أكثـــر مـــن 30 % فى الصنفيـــن PAN 6140 , PAN 6043 .

وتـــدل هذه النتائج على أن تحمل بادرات الذرة الشامية للمبيدات العشبية تعتمد على طور النمو والصنف ودرجة الحرارة .

3- التقييم فى أصص تحت ظروف البيوت المحمية Evaluation in pots under greenhouse conditions

تســـتخدم البـــيوت المحمـــية فى تجارب تقييم جيرمبلازم المحاصيل فى المراحل المبكرة من النمو (البادرة) . ويسمح هذا النظام باختبار عدد كبير من التراكيب الوراثية فى مساحة صغيرة نسبياً تحت ظروف متحكم فيها .

ويجـــرى تعـــريض المواد الوراثية لضغط إنتخابى شديد بالتركيز الذى يقضــــى علــــى النـــباتات الحساســـة ، وبذا تكون هناك فرص لانتخاب النباتات المقاومة لتأثير المبيد .

وقـــد أفـــادت تجارب الأصص فى تقييم أربعة آباء وثلاث هجن و200 عائلة ناتجة عنها فى فول الصويا فى 3 : F2 زرعت فى أصص بلاستيك ملئت بـــ 3.4 لـــتر من تربة طميية رملية ناعمة مع قش جاف على pH 6.5 حيث عوملـــت تربة الأصص بعد الزراعة وقبل الإنبات بـــ 1.68 كجم / هكتار من مبـــيد pendimethalin برشاشـــة مناسبة مع إضافة 300 mL ماء / أصيص لتنشيط فعالية المبيد ، وإشتمل كل إصيص على 5 نباتات .

أجرى تقييم التراكيب الوراثية لتحمل ضرر المبيد بحساب النسبة المئوية للنباتات ذات السيقان المكسورة عند السويقة الجنينية عند مرحلة النمو V4 بعد 6 أسابيع من الزراعة .

وقـــد أظهـــرت النــــتائج تباين الأصناف فى درجة مقاومتها للمبيد وكان الصنف Flyer أكثر حساسية لضرر المبيد مقارنة بالصنف Asgrow A4715. ودل توزيـــع النســـل علــــى أن المقاومــــة لتكســـر السيقان تورث كصفة كمية . (**Glover and Schapaugh, 2002**)

4- التقييـــيم باســـتخدام مزارع الأنسجة Evaluation by using tissue culters

تفـــيد مزارع الخلايا المعلقة فى برامج التقييم والانتخاب لتباينات جسدية تعطــــى ســــلالات خلايا Cell clones قادرة على تحمل تركيز معين من مبيد الحشـــائش ، تتطور بعد ذلك إلى نباتات كاملة . فقد أفاد تكنيك المزارع المعلقة " معلق مزارع الخلايا " فى فول الصويا من خلال الانتخاب خطوة – خطوة عن

طريق زيادة تركيز مبيد الجليفوسات فى المحلول المغذى من 0.1 – 55 mM .

حيـــث تمكـــن Ramulu (2001) من إنتخاب سلالات خلايا مقاومة لتركيز 2 mM والتركـــيزات العالية ، زاد فيها مستوى نشاط إنزيم EPSPS 16 مرة نتيجة نشاط الجين المنقول .

5- التقييم تحت الظروف الحقلية

Evaluation under field conditions

يمكـــن تقيـــيم درجة تحمل سلالات وأصناف المحاصيل لتأثير مبيدات الحشـــائش بتصميم تجارب فى مكررات ، تعامل فيها النباتات بتركيزات مختلفة من المبيد .

حيـــث تنتخب النباتات المقاومة للتركيزات العالية وتستبعد النباتات التى تمـــوت من تأثير المعاملة . وعلى الرغم من سهولة التقييم الحقلى إلا أنه يعاب علـــيه عـــدم تجـــانس توزيع المبيد بسبب تيارات الرياح إلى جانب عدم تجانس خصوبة التربة ، مما يترتب عليه تباين فى قدرة النباتات على تحمل المبيد .

وتحـــت الظروف المصرية ، تمكن الباتال وعبد الجواد (1995) من دراســـة تحمل 15 صنف من فول الصويا لمبيد الحشائش metribuzin زرعت فى تصميم شرائحى فى 4 مكـــررات . وتـــم إضافـــة المبيـــد بمعدلات 140 ، 280 ، 420 ، 560 جم مادة فعالة / فدان فى 200 لتر ماء رشاً قبل الإنبات .

وقـــد قـــدرت درجة تحمل أصناف فول الصويا للمبيد بتقدير تقصف أو تكســـر الســـيقان . حيـــث تباينت الأصناف فى تحملها للمبيد وكانت قدرة تحمل الأصـــناف Pershing , Dare , Cutler 71 حتى 280 جم / فدان ، فى حين أظهر الصنف Craufurd حساسية أعلى للمبيد .

مقاييس تحمل أصناف المحاصيل لمبيدات الحشائش

يقدر مدى تحمل سلالات وأصناف المحاصيل لمبيدات الحشائش بالطرق الأتية :

أ- الضـــرر المــرئى وظهــور نكرزة على الأوراق ونقص النمو على مقياس من 1-9 .

ب- تقديــر مســاحة الأوراق وإرتفـــاع النبات والوزن الغض والجاف للأعضاء .

جـ- طول الجذور .

د- معدل النقص فى المحصول .

وتقسم النباتات على حسب مدى حساسيتها لمبيدات الحشائش إلى الأقسام الأتية :

1- Susceptible (S) : نــباتات حساســة تمــوت جمــيعها بمبيدات الحشائش فى نفس الموسم .

2- Moderately susceptible (MS) : نــباتات متوسطة الحساسية تموت جزئياً ويظهر عليها تأثير المبيد فى نفس الموسم .

3- Moderately resistance (MR) : نباتات متوسطة المقاومة تتأثر جزئياً فى نفس الموسم ، لكن تستعيد نشاطها ونموها فى نفس الموسم .

القسم الخامس

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الأشعة فوق البنفسجية

Genetics and Breeding Crops for Ultraviolet Radiation Tolerance

القسم الخامس

وراثة وتربية المحاصيل لتحمل الأشعة فوق البنفسجية
Genetics and Breeding Crops for Ultraviolet Radiation Tolerance

مقدمة

تتكون أشعة الشمس من ثلاثة أنواع من الأشعة هى الأشعة الحرارية غير المرئية ويمثلها الأشعة تحت الحمراء وتكون 46 % من أشعة الشمس ، والأشعة المرئية وتكون 45 % من أشعة الشمس ، والأشعة فوق البنفسجية ويسميها بعض الباحثين الأشعة الحيوية وتكون 9 % من أشعة الشمس .

وتشغل الأشعة فوق البنفسجية المنطقة من الطيف ذات الطول الموجى بين 100 - 380 نانوميتر . وهى أشعة غير مرئية قصيرة ، وكلما قصرت أطوال موجاتها ، كلما زادت شدة ضررها للنبات والإنسان والحيوان.

وتعمل طبقة الأوزون على حماية سطح الكرة الأرضية والكائنات الحية من تأثير الأشعة فوق البنفسجية ، حيث يمتص الأوزون الأشعة الضارة . غير أنه مع تآكل طبقة الأوزون منذ الثمانينات من القرن الماضى بفعل أنشطة الإنسان المختلفة ومع اتساع ثقب الأوزون إلى أن بلغ حوالى 26 مليون كم ، بما يوازى ضعف مساحة أوروبا فى عام 2001 ، ترتب على ذلك تسرب الأشعة فوق البنفسجية إلى الأرض ، مؤدية إلى حدوث تأثيرات ضارة على النبات وصحة الإنسان والحيوان ، كما ترفع من درجة حرارة الجو والأرض .

ويؤدى الخلل الذى تحدثه ملوثات الهواء من الجزيئات الدقيقة وأكاسيد النيتروجين والكبريت والكربون مع تآكل طبقة الأوزون إلى تعاظم الآثار السلبية التى تحدثها الأشعة فوق البنفسجية على البيئة ومكوناتها .

فيؤدى إمتصاص الأشعة فوق البنفسجية من الطراز ـB (UV-B) إلى تأثيرات سلبية على النبات ونقص تخليق صبغات التمثيل الضوئى وتأخر النمو ونقص المحصول ، فى حين لوحظ أن التعرض للأشعة فوق البنفسجية طراز ـA (UV-A) كان مصحوباً بزيادة تخليق صبغات الكلوروفيل والكارتينويدات ونشاط التمثيل الضوئى الثانى (**Amudha and Kulandaivelu, 2003**).

ويتباين طول موجة الأشعة ، وقد قسمت أشعة الشمس حسب أطوال موجاتها كما هو موضح فى جدول (5 – 1) .

جـــدول (5 – 1) : أقســام الأشعــة حســب أطــوال موجاتهــا .

نوع الأشعة	طول الموجة (nm)
Ultraviolet (UV)	380 – 100
UV – C	280 – 100
UV – B	320 – 280
UV – A	380 – 320
Visible المرئية	780 – 380
Infrared (IR) تحت الحمراء	°10 – 780
or	
Infrared (IR)	2500 – 780
Thermal الحرارية	+ 2500

تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية على نباتات المحاصيل

يمكن حصر تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية على نباتات المحاصيل فيما يلى :

1- أظهرت تجارب تعريض نباتات الذرة الرفيعة والبقوليات للأشعة فوق البنفسجية طراز ـB إلى حدوث نقص معنوى فى محتوى صبغات الكلوروفيل والكارتينويدات والتأثير على نشاط إنزيم البيروكسيديز ، فى حين صاحب التعرض للأشعة فوق البنفسجية طراز ـA ، حث تخليق الكلوروفيل والكارتينويدات ونشاط التمثيل الضوئي الثانى في البقوليات .

2- أدى تعرض نباتات الذرة الرفيعة إلى الأشعة فوق البنفسجية طراز B. إلى زيادة المقاومة الثغرية ونقص معدل إمتصاص ثانى أكسيد الكربون التمثيلى .

3- صاحب التعرض للأشعة فوق البنفسجية طراز A. , B حدوث تغيرات محدودة فى معقد بروتين غشاء الثيلاكويد المسئول عن الحماية من إجهادات البيئة غير الحيوية .

4- ظهرت على أصناف الأرز الحساسة لضرر الأشعة فوق البنفسجية طراز B- خلل فى جزئ بيرميدين البيوتان الحلقى وإنخفاض مستوى نشاط إنزيم CPD-photolyase ونقص القدرة على الاستشفاء .

5- أدى تعرض نباتات الذرة الشامية للأشعة فوق البنفسجية طراز B. إلى حدوث إنحرافات كروموسومية وتلكأ لحركة الكروموسومات وتكون شظايا كروموسومية وقنطرة كروماتيدية ووجود خلايا بها نواتين .

6- صاحب تعرض نباتات الأرز للأشعة فوق البنفسجية طراز B- ، حدوث ضرر فى الحمض النووى دنا بأنسجة الأوراق ومكونات الخلية الأخرى.

7-أدى معاملة نباتات البسلة بالأشعة فوق البنفسجية طراز B. إلى نقص مستوى رنا الرسول mRNA .

8-أدى التأثير المشترك للأشعة فوق البنفسجية طراز B. والأوزون إلى تغيير فى التعبير الجينى فى نبات الأرابيدوبسيس .

9-أدى التعرض للأشعة فوق البنفسجية طراز B. إلى حدوث تأثيرات عكسية على النبات وتأخر النمو ونقص الإنتاجية .

ويوضح شكل (5-1) التأثيرات المتعددة والمحتملة للأشعة فوق البنفسجية طراز B- وعمليات التنظيم فى الكائنات الحية .

شكل (5 – 1) : التأثيرات المتعددة والمحتملة للأشعة فوق البنفسيجية طراز-B وعمليات التنظيم في الكائنات الحية.

الباب الأول

الأسس المورفوفسيولوجية والكيموحيوية لمقاومة تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B.

Morpho-physiological and Biochemical Basis for Resistance to UV - B Radiation

ترجع مقاومة سلالات وأصناف المحاصيل لضرر الأشعة فوق البنفسجية طراز B. إلى بعض الخصائص المورفولوجية والفسيولوجية والكيموحيوية والتى أمكن إستخلاصها من نتائج الدراسات البحثية . حيث أعزيت المقاومة إلى الصفات الأتية :

1- صغر حجم الأوراق .

2 - زيادة سمك جدار الورقة .

3- زيادة سمك طبقة الكيوتيكيل ووجود الطبقات الشمعية على أوراق وسيقان النباتات .

4- زيادة مستوى تخليق صبغات الكلوروفيل والكارتينويدات ونشاط التمثيل الضوئى .

5- زيادة محتوى الأنثوسيانين و المركبات الفينولية مثل الفلافونات .

6- المحتوى المتوازن من الفوسفور فى أنسجة النبات .

7- زيادة المقاومة الثغرية .

8- زيادة مستوى مضادات الأكسدة مثل حمض الأسكوربيك و sinapate esters و α- tocopherol ونشاط إنزيم Ascorbate peroxidase والبيروكسيديز والكتاليز والروبيسكو Rubisco وإنزيم Cyclobutan pyrimidin dimer (CPD)- photolyase وسلامة جزئ بيرميدين البيوتان الحلقى .

9- المحتوى المرتفع من الليبيدات والبروتينات الذائبة الكلية .

10- المحتوى المرتفع من الحمض الأمينى السستئين والجلوتامين ونقص محتوى الأرجينين .

11- زيادة درجة مقاومة معقد بروتين غشاء الثيلاكويد المسئول عن الحماية .

12- التعبير الفائق لبروتين الصدمة الحرارية sHSP 17.7 المستحث بالحرارة العالية فى نباتات الأرز .

13- زيادة القدرة على الاستشفاء وتفعيل ميكانيكيات الإصلاح للحمض النووى دنا .

وقد أشارت الدراسات إلى إمكانية حماية الخلايا من ضرر الأشعة فوق البنفسجية طراز B عن طريق المعاملة بالليزر (**Qi-Zhi *et al.*, 2000**) .

وتمتلك جميع الأنواع النباتية ميكانيكيات دفاع تتطور باستمرار لمقاومة تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية تتمثل فيما يلى :

الميكانيكية الأولى : تتمثل فى القدرة على تجميع مركبات الأشعة فوق البنفسجية الممتصة .

والميكانيكية الثانية : تطوير فاعلية ميكانيكيات الإصلاح للحمض النووى دنا النشط .

وعموماً فإن تأثير التركيب الوراثى بالتزامن مع عمليات الأقلمة المتمثلة فى ميكانيكية الإصلاح للحمض النووى دنا وإنتاج مضادات الأكسدة إلى جانب الخصائص المورفوفسيولوجية ، تسهم فى حدوث ما يعرف برد الفعل فائق الحساسية لمقاومة تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز -B .

الباب الثانى

الاختلافات الصنفية ومصادر المقاومة للأشعة فوق البنفسجية طراز -B

Varietal Differences and Sources for Resistance to UV - B Radiation

لقد سُجلت تباينات واسعة فى مقاومة التراكيب الوراثية لتأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B- بين أجناس وأنواع وأصناف المحاصيل ، حيث لوحظ أن أصناف قمح المكرونة المقاومة للجفاف مثل الصنف Horani تتميز بدرجة حماية عالية ضد تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B- مقارنة بالأصناف الحساسة من الفول البلدى (**Al-Oudat *et al.*, 1998**) .

الشعير Barley

تتباين سلالات الشعير فى تحملها لتأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B- ، حيث سجل نقص معنوى فى إنتاج المادة الجافة الكلية ومحصول الحبوب فى سلالتين من الشعير . وكان معدل الضرر أعلى (32%) فى السلالة RPr 79/4 مقارنة بالطراز البرى Maris Mink بنسبة ضرر (20%) فقط (**Mazza *et al.*, 1999**) . كما تميز صنف الشعير Syabry بالمقاومة للأشعة فوق البنفسجية طراز B- ، فى حين كان الصنف Vyatskii حساساً للأشعة (**Selezenva *et al.*, 2002**) .

الأرز Rice

يتميز صنف أرز الأراضى المنخفضة Sasanishiki بمستوى عالى من المقاومة لضرر الأشعة فوق البنفسجية طراز B- ، فى حين كان الصنف Norin 1 أكثر حساسية (**Teranishi *et al.*, 2004**) .

ويعتبر صنف الأرز اليابانى Nipponbare مصدراً لمقاومة تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B ، بينما كان الصنف الهندى Kasalath هو الأكثر حساسية لضرر الأشعة (**Ueda *et al.*, 2004**) .

الذرة الشامية Maize

لقد سُجلت إختلافات معنوية بين ثماني أصناف من الذرة الشامية في تحمل الأشعة فوق البنفسجية طراز– B إستناداً إلي قياسات النمو والصفات المورفولوجية ، وكان الصنف REG. VR الأقل حساسية ، في حين كان الصنف DK 498 الأكثر حساسية لــ UV-B ، في إشارة إلي امكانية نجاح التربية لتحمل تأثيرات الاشعةفوق البنفسجية في الذرة الشامية .(**Carreia *et al.*, 1998**)

كما اختلفت سلالات الذرة الشامية فيما تحمله من جينات تتحكم فى تمثيل الفلافونويد إستجابة لتأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز -B ، حيث لوحظ ارتفاع محتوى الفلافونويد والانثوسيانين فى السلالتين IC , Line b مقارنة بالسلالتين hi 27 , dta (**Lau *et al.*, 2006**) .

القطن Cotton

أظهر صنف القطن المحلى جيزة 86 درجة عالية من الأقلمة للأشعة فوق البنفسجية طراز -A مقارنة بالصنف جيزة 45 (**Ebrahim, 2005**) .

فول الصويا Soybean

لقد سجلت إختلافات معنوية بين 20 صنفاً من فول الصويا فى دليل الإستجابة للأشعة فوق البنفسجية طراز -B . فقد بلغ دليل الاستجابة فى ستة أصناف > –163.1 ، انتمى خمسة منها إلى الصين ، وبلغ دليل الاستجابة لأكثر هذه الأصناف تحملاً وهو Yunnan 97801 –72.4 . وعلى الجانب الأخر بلغ دليل الاستجابة للأشعة فوق البنفسجية طراز -B فى خمسة أصناف حساسة

> 256.9 ، كان منشأ أربعة منها شمال الصين ، وسجل أكثر هذه الأصناف حساسية وهو Huanxianhuangdou أعلى ضـــرر بدليـــل إستجابـــة قـــدره 295.7– (**LiYuan *et al.*, 2002**) .

الباب الثالث

السلوك الوراثى لمقاومة تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز -B

Genetic Behaviour of Resistance to UV-B Radiation Effects

تعتبر الدراسات الوراثية التى أجريت لفهم طبيعة وراثة مقاومة نباتات المحاصيل لضرر الأشعة فوق البنفسجية محدودة حتى وقتنا الحالى . غير أن أغلب هذه الدراسات ما أجرى على نبات الأرابيدوبسيس والأرز وعدد قليل من المحاصيل الأخرى .

الأرابيدوبسيس Arabidopsis

تمكن **Nakajima** ومجموعته البحثية عام (1998) من تعيين الجين *UVR_3* المسئول عن المقاومة لضرر الأشعة فوق البنفسجية طراز B. فى نبات الأرابيدوبسيس .

وقد أظهر التحليل الوراثي لدياليل الارابيدوبسيس بين سبعة طرز متباينة في تحمل الأشعة فوق البنفسجية طراز- B عُرضت لجرعة قدرها 11 KJ/m^2 ، أن القدرة العامة علي الائتلاف كانت معنوية وأكثر أهمية في التحكم الوراثي لصفة أرتفاع النبات والمحصول الخضري ، في حين كانت القدرة الخاصة علي الائتلاف هي الأكثر أهمية في وراثة قطر الثمرة . ويشير ذلك إلي إمكانية تطوير سلالات نقية وهجن من الارابيدوبسيس عالية التحمل لتأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز- B .(**Tarabinyad and Caldwell, 2000**)

الأرز Rice

تمكن **Ueda** وآخرون **(2004)** من تحديد ثلاث مواقع وراثية تتحكم فى المقاومة للأشعة فوق البنفسجية طراز ـB فى سلالات التربية BILS الناتجة من برنامج التهجين الرجعى للهجين بين الصنف الهندى الحساس Kasalath مع الصنف اليابانى المقاوم Nipponbare . حيث إستنتج أن الإليل *qUVR-10* على الكروموسوم 10 هو الأكثر فاعلية فى المقاومة ، وتميزت السلالة الأصيلة لإليل الصنف Nipponbare عند ذلك الموقع بالمقاومة مقارنة بالسلالات الأصيلة لإليل الصنف الحساس Kasalath . وأضافت الدراسة أن الجين المتحكم فى إنتاج انزيم CPD photolyase من الجينات الجديدة للمقاومة.

وعلى الجانب الأخر أوضح **Hidema** ومساعدوه **(2005)** أن الحساسية للأشعة فوق البنفسجية طراز ـB تورث كصفة كمية فى صنفي الأرز Norin 1 , Surjamkhi .

الذرة الشامية Maize

أظهرت الدراسات الوراثية المتقدمة حدوث تعبير لعديد من الجينات فى سلالات الذرة الشامية المتباينة فى محتوى الفلافونويد ، حيث لوحظ ذلك فى 355 من 2500 دنا المكمل cDNAs إستجابة للأشعة فوق البنفسجية طراز -B **(Casati and Walbot, 2003)** . كما أمكن تعيين جينات منظمة يستحث تعبيرها أثناء التعرض للأشعة فوق البنفسجية تعرف بجينات الإستجابة للأشعة UV-B **(Blanding *et al.*, 2007)** .

فول الصويا Soybean

لقد أظهرت الدراسات الوراثية المتقدمة وجـود سـبعة جينـات تحكـم الاستجابة للأشعة فوق البنفسجية طراز- B في فول الصويا مسئولة عن تخليق مادة Chalcone رمز لهـا بـالرموز Chs_1, Chs_2 ....*and* Chs_7.

وتعتبر الجينات Chs_6 , Chs_5 إلي جانب الجين Chs_2 من أكثر الجينات أهمية والتي يستحث فعلها تحت ظروف التعرض للأشعة فوق البنفسجية طـــراز- B. بينما تعمل الجينات Chs_1 , Chs_2 تحت الظروف العاديـــة **(Shimizu *et al.*, 1999)**.

اللفت Turnip

أشارت التحليلات الوراثية إلى حدوث تعبير لعدد قليل من الجينات تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية طراز -A ، مثل الجين *CHS* المسئول عن تخليق إنزيم Chalcone synthase وجين F_3H المسئول عن تخليق إنزيم Flavonone-3-hydroxylase . وسجل **Bozhou ومساعدوه (2007)** حدوث تعبير لعديد من الجينات تحت تأثير مستويات منخفضة من الأشعة فوق البنفسجية .

الباب الرابع

جهود التربية ودور التقنية الحيوية
Breeding Efforts and Role of Biotechnology

التهجين Hybridization

لعب التهجين والتهجين الرجعى دوراً هاماً فى عزل سلالات من الأرز مقاومة لتأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B. . فقد قام **Ueda** وآخرون **(2004)** بتهجين صنف الأرز اليابانى المقاوم للأشعة فوق البنفسجية Nipponbare × الصنف الهندى الحساس Kasalath ، وإجراء سلسلة من التهجينات الرجعية مع الصنف المقاوم . وتمكن من عزل عائلات فى الجيل الرابع تم إختبار نسلها للمقاومة للأشعة (شكل 5-1) .

كما تمكن **Sato** وآخرون (**2003**) من عزل ثلاث سلالات كانت أصيلة لإليل الصنف المقاوم Nipponbare عند الموقع *qUVR10* .

الطفرات Mutations

لقد أمكن بالمطفرات ، عزل عديد من طفرات الأرابيدوبسيس المقاومة لتأثير الأشعة فوق البنفسجية طراز B. بفعل الاستجابة فائقة الحساسية Hypersensitivity reaction ومنها الطفرات UVR_3 , UVR_2 وكذلك الطفرات UVh_1 , UVh_3 . تميزت هذه الطفرات بانتاجها مستويات عالية من Sinapate esters المسئولة عن الحماية من ضرر الأشعة فوق البنفسجية ، وتحسين تحمل الأصناف لتأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز B. **(Ahmad *et al.*, 1997, Nakajima *et al.*, 1998 and Liu *et al.*, 2001)** .

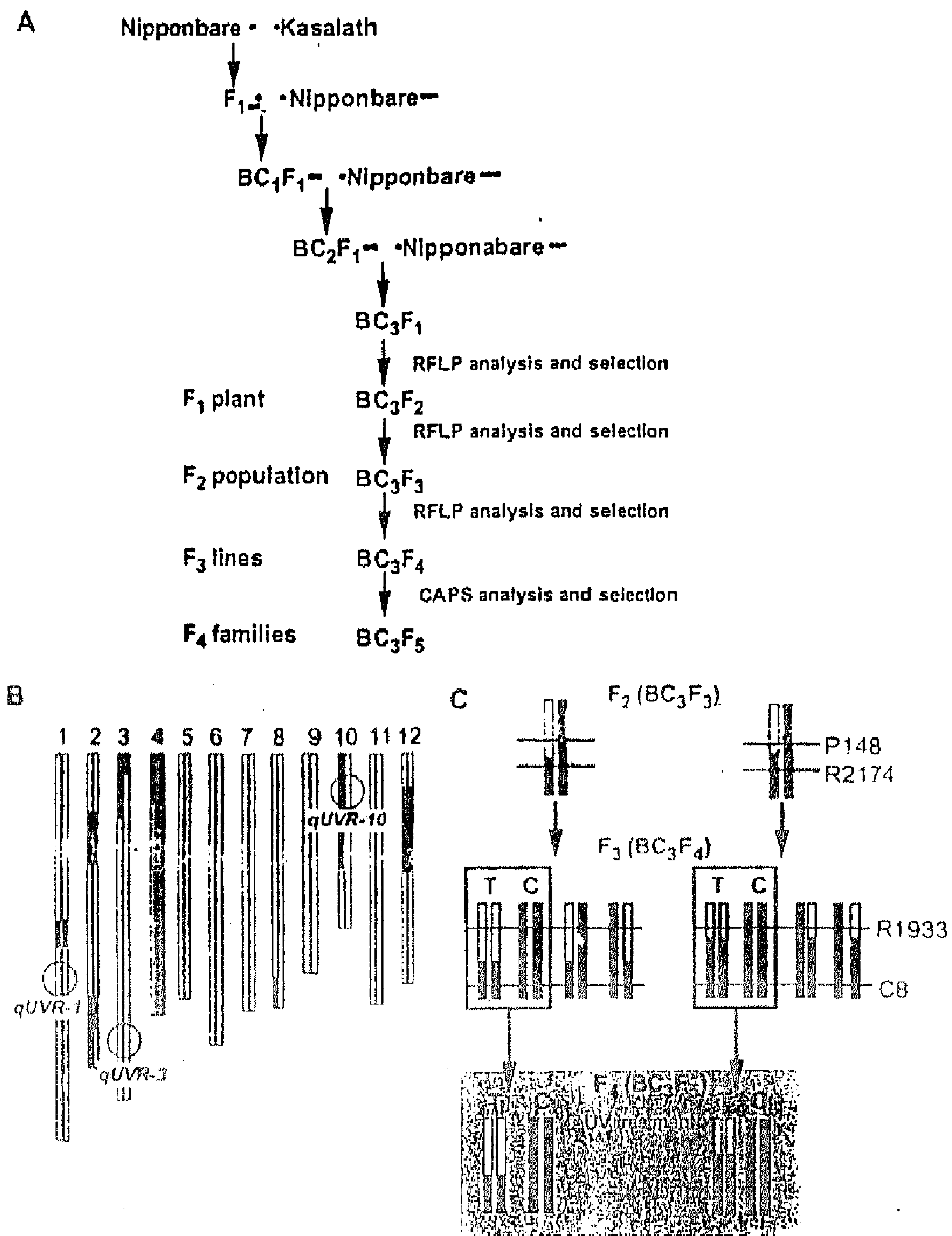
دور معلمات دنا Role of DNA markers

تلعب معلمات دنا دوراً هاماً فى تعيين جينات المقاومة فى المصادر الوراثية وكمساعدات للانتخاب ونقل الجينات وإنتاج أصناف جديدة أكثر تحملاً للاجهادات البيئية فى وقت أقل من الطرق التقليدية .

وفى هذا الصدد ، فقد أفادت تقنيات RFLP , CAPS , QTL فى تعيين ثلاثة مواقع وراثية تتحكم فى المقاومة للأشعة فوق البنفسجية طراز B. فى سلالات التربية الناتجة من التهجين الرجعى للهجين بين الصنف اليابانى Nipponbare المقاوم × الصنف الهندىKasalath الحساس ، وكان أليل موقع المقاومة *qUVR-10* على الكروموسوم 10 هو الأكثر إختلافاً وفاعلية فى المقاومة . وتميزت النباتات الأصيلة فى أليل الصنف المقاوم Nipponbare عند الموقع *qUVR-10* بأنها أكثر مقاومة للأشعة مقارنة بالنباتات الأصيلة لأليل الصنف الحساس Kasalath ، كما أمكن تحديد موقع جديد لجين *CPD* photolyase (شكل 5−2) (**Ueda *et al.*, 2004**) .

ولقد أظهر تحليل معلمات الصفة الكمية QTL و RFLP لـ 98 سلالة من الأرز فى الجيل الرجعى الخامس بين آباء متباينة فى المقاومة للأشعة فوق البنفسجية طراز B. وجود 3 مواقع مرتبطة مع الوزن الغض للمجموع الخضرى ومحتوى كلوروفيل نصل الورقة على الكروموسومات 1 , 3 , 10 . وأوضح **Sato ومعاونوه (2003)** أن النباتات الحاملة لأليلات الصنف الحساس Kasalath عند موقع الصفة الكمية على الكروموسوم 10 كانت حساسة للأشعة ، مقارنة بالنباتات الحاملة للأليلات على الكروموسوم رقم 1 .

وفى فول الصويا ، أظهر تحليل RT- PCR وجود 7 أعضاء من عائلة الجين *CHs* مسئولة عن تخليق مادة الـ Chalcone تحكم الاستجابة لتأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز− B فى نبات فول الصويا (**Shimizu *et al.*, 1999**).



شكل (5–2) : المواد الوراثية المستخدمة لعمل خريطة دقيقة Fine mapping للموقع *qUVR-10* في الارز .

A . العشيرة المدروسة ناتجة من التهجين بين الصنف اليابانى Nipponbare المقاوم للأشعة فوق البنفسجية والصنف Kasalath الهندى الحساس .

B . التحليل البياني الوراثي لـــ 12 نبات من BC_3F_2 والذى استخدم كنباتات جيل أول F_1 للتحديد الدقيق للموقع *qUVR-10* .

وتشير المناطق السوداء والبيضاء إلى القطع الكروموسومية الآتية من الصنف Kasalath و Nipponbare ، على الترتيب .

وتشير الدوائر إلى مواقع الصفة الكمية QTLs المستنتجة بتحليل مواقع الصفة الكمية .

C . المواد الوراثية من عائلات الجيل الرابع F_4 للكشاف (T) والكنترول (C) والمستخدمة في تجارب اختبارات النسل المتقدمة (عن : Ueda *et al.*, 2004) .

التطويع الوراثى Genetic manipulation

لقد أشارت الدراسات المتقدمة التى قام بها Agrawal ومساعدوه فى **الهند** عام (2002) إلى حدوث حث لعملية نسخ وتنظيم تعبير جين *OSMSRMK2* فى الأرز والذى يشفر لتخليق 380 حمض أمينى من سلسلة عديد الببتيد الطويلة بمختلف إجهادات البيئة الحيوية وغير الحيوية ، موضحا أهمية دور هذا الجين فى مسارات التخليق الحيوى والحماية من المؤثرات البيئية مثل ثانى أكسيد الكبريت والأشعة فوق البنفسجية والأوزون .

وأمكن عزل وكلونة جين UVR_3 المسئول عن الاستشفاء من ضرر الأشعة فوق البنفسجية فى نبات الأرابيدوبسيس **(Nakajima *et al.*, 1998)**.

كما أمكن عزل بروتين الصدمة الحرارية HSP 17.7 من بادرات الأرز المعرضة لإجهاد حرارى 42 ° م لمدة 24 ساعة ، بإستخدام الأجروبكتريم إلى الصنف Hoshinoyume ، حيث توصل **Murakami** ومعاونوه **(2004)** إلى نباتات معدلة وراثياً ببروتين الصدمة الحرارية ، تميزت بمستوى عالى من المقاومة لضرر الأشعة فوق البنفسجية .

كما لوحظ تنظيم للتعبير الجينى فى سلالات الذرة الشامية المختلفة فى محتوى الفلافونات إستجابة للأشعة فوق البنفسجية طراز -B ، وذلك فى 355 من 2500 دنا المكمل cDNAs **(Casati and Walbot 2003)** .

الباب الخامس

تجارب تقييم أثر إستبعاد الأشعة فوق البنفسجية طراز -B على نباتات المحاصيل

Experimental Evaluation of UV-B Exclusion on Crop Plants

نظراً لتعرض مناطق زراعية شاسعة من العالم لمستويات عالية من الإشعاع بما يؤثر على الزراعات الموجودة . فقد نما الاتجاه لفكر جديد لاستخدام مرشحات على نطاق التجارب تمنع مرور الأشعة الضارة من طيف أشعة الشمس الطبيعى ، ودراسة أثر ذلك على فسيولوجيا النمو والمحصول .

وفى هذا الصدد ، فى الهند قام **Amudha and Kulandaivelu (2003)** بزراعة بعض البقوليات الاستوائية مثل *Vigna radiata , Vigna mungo , Cyamopsis tetragonoloba* تحت الظروف الحقلية داخل أقفاص معدنية مغطاة بغطاء من البوليستر Polyester الذى يمنع نفاذ كل من الأشعة فوق البنفسجية من النوع -A , B . فى حين غطيت نباتات المقارنة بالبولى إيثيلين Polyethylene والذى يسمح بنفاذ الأشعة فوق البنفسجية ، ويحجب نفس الكمية من منطقة الضوء المرئى ، حيث أظهرت النتائج ما يلى :

1- أدى إستبعاد الأشعة فوق البنفسجية إلى زيادة معنوية فى النمو الخضرى والمحصول فى نبات Cyamopsis ، وأظهر النوعين الآخرين إختلافات هامشية .

أسفرت نتائج تحليل SDS-PAGE لبولى ببتيد الكلوروبلاست حدوث زيادة معنوية فى مستوى نشاط نظام التمثيل الضوئى الثانى مع إستبعاد طرازى الأشعة فوق البنفسجية .

3- حدوث ضرر للبادرات النامية تحت ظروف التعرض للأشعة فوق البنفسجية .

كما قام **Varalakshmi** وآخرون **(2003)** فى الهند بدراسة أثر إستبعاد الأشعة فوق البنفسجية من الطراز ـA , B على محصول فول الصويا بزراعة الصنف JS 71-05 تحت ظروف مرشحات الفينيل Vinyl filters والتى تمنع نفاذ كل من الأشعة فوق البنفسجية طراز ـB (< 320 nm) أو UV-B , UV-A (< 380 nm) جزء من طيف أشعة الشمس الطبيعى ، حيث أظهرت النتائج ما يلى :

1- صاحب إستبعاد الأشعة فوق البنفسجية من الطراز ـB زيادة مساحة الأوراق وطول السلاميات وإرتفاع النبات .

2- كان تأثير إستبعاد كل من الأشعة فوق البنفسجية طراز ـA , B إضافياً Additive والذى أدى إلى تحسين جميع مؤشرات النمو وزيادة عدد قرون النبات ، فى حين نقص محتوى حمض الأسكوربيك ووزن البذور ، بينما صاحب إستبعاد الأشعة فوق البنفسجية طراز ـB حث زيادة وزن البذور .

3- أدى إستبعاد الأشعة فوق البنفسجية طراز -B إلى زيادة معنوية فى تراكم α-tocopherol فى أنسجة الاوراق والعقد ، وقل محتوى α-tocopherol مع إستبعاد كلا نوعى الأشعة .

4- أدى التعرض لـ UV-B إلى إنتاج شقوق فوق الأكاسيد والتى تُختزل بمضاد الأكسدة α-tocopherol ، ومن ثم يقل ضرر الأشعة .

5- صاحب التعرض لأشعة الشمس العادية ، زيادة مستويات مضادات الأكسدة فى صورة نشاط إنزيم Guaiacol peroxidase لحماية النبات من عوامل الأكسدة الناتجة بفعل الأشعة فوق البنفسجية .B , A .

طرق تقييم مقاومة التراكيب الوراثية للأشعة فوق البنفسجية طراز .B

Evaluation methods of germplasm to UV – B radiation resistance

بالإضافة إلى ما ذكر من الوسائل المستخدمة فى تجارب تقييم أثر إستبعاد الأشعة فوق البنفسجية على نباتات المحاصيل سواء باستخدام أقفاص معدنية مغطاه بالبوليستير أو إستخدام مرشحات الفينيل . فإنه يمكن إجراء التقييم أيضاً تحت ظروف غرف النمو أو فى أصص تحت ظروف البيوت المحمية إلى جانب التقييم تحت الظروف الحقلية .

1- التقييم تحت ظروف غرف النمو Evaluation under growth chamber conditions

يجرى تقييم أداء التراكيب الوراثية لمقاومة تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية طراز .B طبقاً للطريقة الموصوفة بواسطة **(Sato and Kumagai, 1997)** فى الخطوات الأتية :

1- تزرع بذور السلالات على 25 °م نهاراً و 18 °م ليلاً لمدة 12 ساعة فترة ضوئية فى غرف نمو صغيرة Growth cabint .

2- يُسمح للبادرات بالنمو على مدى 3 أسابيع تحت ظروف الضوء المرئى ، مع أو بدون التعرض للأشعة فوق البنفسجية طراز .B ، مرشحة خلال غشاء من ثنائى أسيتات السليلوز لاستبعاد الأشعة فوق البنفسجية ذات طول الموجة الأقل من 290 نانوميتر ، مع ضبط المسافة بين لمبات الأشعة فوق

البنفسجية طراز B. وعرض النباتات لإعطاء تدفق للأشعة لوحدة المساحة قدره 1 W/ m^2 .

3- بعد 3 أسابيع من التعرض ، يجرى تقدير درجة المقاومة للأشعة على أساس :

أ- معدل تأخر النمو على أساس النسبة المئوية للوزن الغض للنباتات المعاملة منسوباً إلى الوزن الغض للنباتات غير المعاملة .

ب- محتوى كلوروفيل الأوراق .

جـ- ظهور تغيرات لونية ونكرزة من عدمه .

2- التقييم فى أصص تحت ظروف البيوت المحمية

Evaluation in pots under greenhouse conditions

تفيد تجارب الأصص مع التعريض لإجهاد الأشعة فوق البنفسجية طراز B. تحت ظروف محكمة فى دراسة التباين فى مقاومة الأصناف للأضرار التى تحدثها الأشعة . حيث أفادت فى تقييم الفروق بين صنفى الشعير Vyatskii (الحساس) و Syabry (المقاوم) تحت تأثير الإجهاد المزمن بالأشعة فوق البنفسجية طراز B. (1.33 W/ m^2)، وكذا إجهاد الكادميوم (10 مجم/كجم تربة) .

حيث أجرى **Selezenva وآخرون (2002)** التقييم على أساس الصفات المورفوفسيولوجية (النمو - الإنتاجية) والخصائص السيتولوجية (التحليل الوراثى للخلايا المرستيمية للجذور) ، وأشارت النتائج إلى ما يلى :

1- أدى التعرض للأشعة فوق البنفسجية طراز B. إلى حدوث إنخفاض معنوى فى نمو الصنف الحساس Vyatskii عند بداية فترة التعريض ونهاية مرحلة النمو الخضرى بـ15 و10 %، على الترتيب ، مقارنة بالصنف المقاوم .

2- دلت نتائج الفحص السيتولوجى على حدوث ضرر للكروموسومات فى الصنفين خلال الانقسام الميتوسى الأول وكان أكثر وضوحاً فى الصنف

الحساس ، إلا أنه لوحظ بعد 120 ساعة من الإنبات حدوث إستشفاء Recovery لخلايا الجذور المرستيمية .

3- زادت المقاومة لتأثير الكادميوم فى الصنف المقاوم Syabry مقارنة بالصنف الحساس Vyatskii .

3- التقييم تحت الظروف الحقلية

Evaluation under field conditions

يمكن تقييم مستوى تحمل سلالات وأصناف المحاصيل لتأثيرات الأشعة فوق البنفسجية تحت الظروف الحقلية . وتسمح هذه الطريقة بإمكان غربلة عدد كبير من التراكيب الوراثية ، وممارسة عملية الإنتخاب وتقدير المحصول تحت هذه الظروف .

وفى هذا الصدد قام **Al-Oudat** **وآخرون (1998)** بتقييم الفروق بين الأنواع فى تحملها للأشعة فوق البنفسجية طراز B- ، بتعريض صنف قمح المكرونة المقاوم للجفاف Horani وصنف من الفول البلدى الحساس للجفاف ، يومياً لجرعة من الـــUV-B تراوحت من 1.34 J/Cm^2 عند الإنبات ، وبلغت 6.33 J/Cm^2 عند الحصاد بجانب معاملة المقارنة لدراسة تأثير الـــUV-B على المراحل الفينولوجية للمحصولين . وأشارت النتائج إلى ما يلى :

1- أدى التعريض لـــ UV-B خلال مراحل النمو الخضرى إلى زيادة موجبة ومعنوية فى صفات مساحة الأوراق وارتفاع النبات وعدد الأفرع والمادة الجافة فى النوعين .

2- أظهرت تقديرات المحصول عند الحصاد ، تماثل محصول البذور فى الفول البلدى تقريباً تحت معاملات التعريض وعدم التعريض ، بينما فى القمح فقد زاد عدد السنابل ومحصول الحبوب معنوياً .

3- . النتائج على أن الأنواع المقاومة للجفاف مثل القمح تتميز بدرجة حماية عالية ضد تأثيرات الـ UV-B مقارنة بالأنواع الحساسة للجفاف مثل الفول البلدى .

نظام التقييم Scoring system

يمكن تقسيم التراكيب الوراثية على حسب حساسيتها للأشعة فوق البنفسجية طراز UV-B إلى ما يلى :

– أصناف مقاومة : تتميز بعدم وجود أو وجود نكرزة Necrotic lesions دقيقة جداً على الأوراق .

– أصناف حساسة : تتميز بوجود عدد كبير من المناطق الميتة على الأوراق تؤدى إلى تجعد وإنكماش Shrinking الأوراق (شكل 5- 3) . (**عن : Ueda *et al.*, 2004**) .

كما يعتمد الباحث على مؤشرات النمو والصفات الفسيولوجية والكيموحيوية فى عملية التقييم .



شكل (5 – 3) : الأضرار الناتجة عن تأثير الأشعة فوق البنفسجية على أوراق نبات الأرز . يلاحظ ظهور تغيرات لونية ونكرزة مصحوباً بموت الأنسجة .

المراجع

أولاً : المراجع العربية :

أبو الروس ، سمير عبد الوهاب والغرباوى ، محمدى إبراهيم وهولـه ، شـوقى شـبل (1992). خصوبة الأراضى وتغذية النبات. التعليم المفتوح – جامعة القاهرة .

البشبيشى ، طلعت رزق وشريف ، محمد أحمد (1998) . أساسيات فى تغذية النبـات . دار النشـر للجامعات . مصر .

حسن ، أحمد عبد المنعم (1995). الأساس الفسيولوجى للتحسين الوراثى فى النبات(التربية لزيـادة الكفاءة الإنتاجية وتحمل الظروف البيئية القاسية) . المكتبة الأكاديمية ، القاهرة.

سالم ، عبد الحميد حسن وعواد ، حسن عودة (2004) . تربية المحاصـيل لمقاومـة الأمـراض والحشرات وبعض الآفات الزراعية الأخرى . الضوى للطباعة والنشر .

عبد الرحمن ، أبو شبانة مصطفى (2005). مبيدات الآفات . رؤية عامـة . الأسـس العلميـة ... مجالات الاستخدام والتأثيرات البيئية . الجزء الثانى – التأثيرات البيئية . الـدار العربيـة للنشر والتوزيع .

عبد العال ، شفيق إبراهيم وشوقى ، محمد عصام والغرباوى ، محمد إبراهيم وعبد الحميد ، مـاهر عبد المحسن (1997). الأراضى . مطابع جامعة القاهرة.

عبد العظيم ، محمد نجيب (1997). الرى ، الأساليب والتطبيق فى استصلاح الأراضـى . مطـابع جامعة الإسكندرية .

هميسه ، محمد رياض ؛ نبيل المويلحى وسالم يوسف سـالم (1998) . المخصـبات الزراعيـة والاقتراحات الخاصة بترشيد استخدامها . معهد بحوث الأراضى والمياه والبيئة – مركـز البحوث الزراعية – الجيزة – مصر .

ثانياً : المراجع الأجنبية :

Abd El-Aal, A.N.A. ; F.M. Ismail and M.A.A. El-Sayed (2007). Mean performance, correlation and path coefficient under irrigation with saline water in some genotypes of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Zagazig J. Agric. Res. 34 (1) : 25 – 42.

Abd El-Ghani, A.M. and A.M. Awad (1999). Adaptation of some wheat genotypes to nitrogen deficiency under new lands conditions. Proceed. First Pl. Breed. Conf. December 4 , 1999 (Giza). P. 89 – 99.

Abd El-Halim, A.Z. ; A.M. Rammah ; M.A. El-Nahrawy and G.S. Mikhiel (1998). Evaluation of alfalfa cultivars in sandy and calcareous soils. Egypt. J. Plant Breed. 2 : 35 – 42.

Abd El-Hameed, A.M. ; M. I. Atta And H.Z. Abd El- Salam (2003). The influence of nitrogen sources on growth, yield and protein content of faba bean in salt affected soils. Al-Azhar J. Agric. Res. 37 : 223 – 232.

Abd El-Mawly, S.E. and I. Zanouny (2004). Response of sugar beet (*Beta vulgaris*, L.) to potassium application and irrigation with saline water. Ass. Univ. Bull. Environ. Res. 7 (1) : 123 – 136.

Abd El-Mawly, S.E. ; A.S. Abo-Elhamd and Kh.A. El-Aref (2005). Comparative studies of two irrigation systems and three levels of potassium fertilization on two sorghum cultivars. Assiunt J. of Agric. 36 (5) : 55 – 73.

Abd El-Tawab, F.M. ; E.M. Fahmy ; A. Bahieldin and H.F. Eissa (1997). Molecular markers for salt tolerance in some inbreds of maize (*Zea mays* L.). Arab Universities Journal of Agricultural Sciences., 5 (2) : 389 – 417.

Abdrabo, R.T. and A.A. Reda (1994). Isolation and culture protoplasts. 1- Salt tolerance of some wheat cultivars through protoplast culture. Annals of Agric. Sci. Moshtohor, 32 (4) : 1741 – 1748.

Abdul Galil, A.A. ; E.M. El-Naggar ; H.A. Awaad and T.S. Mokhtar (2003). Response of two faba bean cultivars to different N , P and K levels under sandy soil conditions. 1. Nodulation, flowering and shedding attributes. Zagazig J. Agric. Res. 30 (5) : 1787 – 1808.

Abdul Galil, A.A. ; R.M. Aly ; A.T. Badawi and S.T. Sallam (2005). Yield and nitrogen use efficiency of two rice cultivars of different growth durations under algalization and splitting of two N fertilization levels. Zagazig J. Agric. Res. 32 (3) : 679 – 700.

Abel, G.H. and A.J. Mackenzie (1964). Salt tolerance of soybean varieties during germination and later growth. Crop Sci., 4, 157.

Abeledo, L.G. ; D.F. Calderini and G.A. Salfer (2003). Genetic improvement of yield responsiveness to nitrogen fertilization and its physiological determinants in barley. Euphytica 133 : 291 – 298.

Abifarin, A.O. (1986). Inheritance of tolerance to iron toxicity in two rice cultivars. pp. 423 – 27. In : Rice Genetics. Proc. Int. Rice Genetics Symp. 27 – 31. May, 1985. Manila, Philippines, IRRI (1986), Manila, Philippines.

Abo – El-Wafa, A.M. and E.A. Abd El-Lattief (2006). Response of some sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars to fertilization treatments by micronutrients, biofertilizer and humix. Assuit J. of Agric. Sci. 37 (1) : 55 – 65.

Abo-Hegazi, A.M.T. (2007). Paddy yield of drought tolerant mutants under salinity and water stress in two types of soil. Proceed. 4th Pl. Breed. Conf. May 7, 2007 (Giza). Egypt J. Plant Breed. 11 (2) : 641 – 646 .

Abraham, M.J. and D.K. Pandey (1989). Performance of selected varieties and advanced generation genotypes in rainfed low and iron – toxic soils. Int. Rice Newsl. 14 : 16.

ACRE. (1996). Genetically modified herbicide tolerant crops : discussion paper. Advisory Committee on Releases to the Environment. ACRE / 96 / p. 23. London. UK. Department of the Environment.

Afiah, S.A.N. (2001). Stability of grain and straw yield in barley under South Sinai saline conditions. 2nd Pl. Breed. Conf. October 2, 2001 (Assuit University) p. 151 – 165.

Afiah, S.A.N. ; M.Sh. Abd El-Maabood and A.I. Hassan (2001). Performance of some local and introduced barley genotypes under salinity stress conditions of Ras-Sudr. 2nd Pl. Breed. Conf., October 2, 2001 (Assiut Univ.) P 167 – 179.

Afiah, S.A.N. and I.H.I. Darwish (2003). Response of selected F5 bread wheat lines under abiotic stress conditions. Proceed. Third. Pl. Breed. Conf. 7(1). 181– 193 (Special Issue).

Afiah, S.A.N. and E.M. Ghoneim (1999). Evaluation of some Egyptian cotton *Gossypium barbadense* L. varieties under desert conditions of South Sinai. Ann. Agric. Sci., Ain Shams Univ., Cairo, 44 (1) : 201 – 211.

Afifi, A.H.A. ; A.H. Abd El-Hadi ; A. Abd El-Rehim Salwa and M.S. Khadr (1995). Technological and yield characteristics of Giza 75 cotton cultivar as related to the quality of irrigation water at various rates of potassium fertilization. Egypt. J. Appl. Sci., 10 (5) : 277 – 298.

Agrawal, G.K. ; R. Rondeep ; H. Iwahashi and R. Rakwal (2002). Isolation of novel rice (*Oryza sative* L.) multiple stress responsive MAP kinase gene OSMSRMK2, whose mRNA accumulates rapidly in response to environmental cues. Biochimial and Biophysical Research Communications 294 (5) : 1009 – 1016.

Agrawal, V.K. ; S.K. Dwivedi ; S. Shrivastava and R.S. Patel (2003). Pattern of nutrient accumulation in soybean (*Glycine max* L. Merr.) plant parts as influenced by phosphorus and zinc levels. Abstracts. 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 408.

Ahmad, A.A. ; M.Sh. Reiad ; M. Yasein ; F.S. Abd-El-Samie and A.M. Tolba (2006). Correlation and path coefficient analysis for wheat yield variations of some genotypes under drought and salinity conditions. Egypt. J. Plant Breed. 10 (1) : 101 – 115.

Ahmad, M. ; J.A. Jarillo ; L.J. Klimczak ; L.G. Landry ; T. Peng ; R.L. Last and A.R. Cashmore (1979). An enzyme similar to animal type II photolyase mediates photoreactivation in *Arabidopsis*. Plant Cell 9 : 199 – 207.

Ahmad, M.F. and M.M. El-Menshawi (2006). Heterosis, combining ability and biochemical genetic markers for salt tolerant genotypes in grain sorghum Egypt. J. Plant Breed. 10 (1) : 117 – 130.

Ahmed, S.M.M. (2008). Response of wheat to fertilization under sandy soil conditions. Ph.D Thesis, Agron. Dept., Fac. of Agric., Zagazig Univ., Egypt.

Ahsan, M. ; D. Wright and D.S. Virk (1996). Genetic analysis of salt tolerance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Cereal Research Communications. 24 (3) : 353 – 360.

Alam, S.M. ; A.R. Azmi and S.S.M. Naqui (1989). Genotypic variations in mineral uptake of rice mutants and parents. Int. Rice Res. Newsl. 14 (5) : 8.

Alcantara, E. and M.D. Guardia (1987). Inheritance of response of sunflower inbreds to a low calcium / magnesium ratio. PP. 393 – 397. In : **W.H. Gabelman and B.C. Loughman** (eds.). Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition. Dordrecht, Netherlands ; Martinus Nijhoff.

Allen, S.G. ; A.K. Dobrenz ; M. Schonhorst and J.E. Stoner (1985). Heritability of NaCl tolerance in germinating alfalfa seed, Agron. J., 77, 99.

AL-Naggar, A.M. ; D.S. Darwish ; A. Mchughen ; D.A. EL-Kadi and M.A. Koronfel (1998). Transformation of *ALS* gene conferring sulfonylurea herbicides resistance to Egyptian and Canadian flax. Egypt. J. Plant Breed. 2 : 27 – 33.

Al-Oudat, M. ; S.A. Baydoun and A. Mohammad (1998). Effects enhanced UV-B on growth and yield of two Syrian crops wheat (*Triticum durum* var. Horani) and broad beans (*Vicia faba*) under field conditions. Environmental and Experimental Botany 40 (1) : 11 – 16.

Altinkut, A. ; K. Kazan ; Z. Ipekci and N. Gozukirmizi (2001). Tolerance to paraquat is correlated with the traits associated with water stress tolerance in segregating F_2 populations of barley and wheat. Euphytica. 121 (1) : 81 – 86.

Amann, A. (1997). Technical performance. Roundup ready oilseed rape . Advantages and technical challenges to the arable farmer. Monsanto life sciences seminar 25 – 26th November. Brussels, Belgium.

Ammar, M.H.M. ; S. Monir ; R.K. Singh ; T. Mohapatra and N.K. Singh (2007). Diversrty analysis of rice varieties differing in salt tolerance. Proceed. 5th Plant Breed. Conf. May 27, 2007 (Giza). Egypt. J. Pl. Breed. 11 (2) : 543 – 550 (Special Issue).

Amudha, P. and G. Kulandaivelu (2003). Solar UV radiation induced damages in tropical legumes as evidenced by exclusion studies. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 445.

Angrish, R. ; C. Rani ; K.S. Dotta ; I.S. Sheoran ; B. Kumar ; S. Bishnoi and Devi (2003). Studies on the effect of sodium chloride and boron on reactive on oxygen species scavenging system in *Triticum aestivum*

L. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 209.

Aniol, A.M. (1995). Physiological aspects of aluminium tolerance associated with long arm of chromosome 2 D of the wheat(*Triticum aestivum* L.) genome. Theor. Appl. Genet 91 : 510 – 516.

Anon., (1998). Imidazolinine – Resistant Canola : A Technical Information Report. American Cynamid Company, Princeton, N.J.

Anonymous (2001). Recommendation Technique for Agricultural Pest Control. Ministry of Agriculture & Reclimation Soil, Egypt (In Arabic).

Anonymous (2007). Recommendation Techniques in Field Crops. ARC, Giza, Egypt.

Arakawa, K. ; K. Mizuno ; S. Kishitani ; T. Takabe and N. Murata (1992). Betaine aldehyde dehydrogenase protein is present in leaves of both betaine accumulators and nonaccumulators in various cereal plants. Res. Photosynth., 4 : 247 – 250.

Archana, C. and K. Paramjit (2003). Herbicide-resistance- transgenics of bread wheat (*T. aestivum*) and emmer wheat (*T. dicoccum*) by particle bombardment and Agrobacterium- mediated approaches. Current Science 84 (1) : 78 – 83.

Asch, F. ; M. Dingkuhn and K. Dorffling (1997). Physiological stresses of irrigated rice caused by soil salinity in the Sahel. In : Irrigated Rice in the Sahel : Prospects for Sustainable Development K.M. Miezan, M.C.S. Woperies, M. Dingkuhn, J. Deckers and T.F. Randolph (eds.), West Africa Rice Development Association, pp. 247 – 274.

Ashraf, M. (1994). Breeding for salinity tolerance in plants. Crit Rev. Plant Sci., 13 : 17 – 42.

Ashraf, M. and Aasiya Khanum (1997). Relationship between ion accumulation and growth in two spring wheat lines differing in salt tolerance at different growth stages. J. Agron. & Crop Sci. 178, 39 – 51.

Ashraf, M. and J.W. O Leary (1996). Responses of some newly developed salt tolerant genotypes of spring wheat to salt stress : I. Yield component and ion distribution. J. Agronomy & Crop Science 176, 91 – 101.

Aulinger, I.E. ; S.O. Peter ; J.E. Schmid and P. Stamp (2003). Rapid attainment of a doubled haploid line from transgenic maize (*Zea mays* L.) plants by means of anther culture. In Vitro Cellular and Developmental Biology Plants. 39 (2) : 165 – 170.

Aumaitre, A. ; K. Aulrich ; A. Chesson ; G. Flachowsky and G. Piva (2002). New feeds from genetically modified plants : substantial. equivalence,

nutritional equivalence, digestibility, and safety for animals and the food chain. Livestock production. Science. 74 (3) : 223 – 238.

Authority of the Atlantic Provinces Agricultural Services Coordinating Committee, Canada (1988). Sulfur in soils and crops in Atlantic Canada. Publ. No. 538 – 88 P. 7.

Awal, M.A. ; M.A. Islam and M.T. Islam (2000). Genetic variation in photosynthetic area and Floret – Fertility of wheat under nitrogen stressed condition. Bangladesh J. of Training and Development. 13 (1 / 2) : 129 – 140.

Azhar, F.M. and T.M. Khan (1997). The response of nine sorghum genotypes to NaCl salinity at early growth stages. Journal of Animal and Plant Sciences (Pakistan). 7 (1 – 2) : 29 – 31.

Azhar, F.M. ; S.S Hussain ; Ishtiaq-Mahmood and I. Mahmood (1998). Heterotic response of F_1 sorghum hybrids to NaCl salinity at early stage of plant growth. Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research. 41 (1) : 50 – 53.

Azzam, C.R. ; H.A.M. Moustafa and I.M. Amer (2006). Stability analysis and protein patterns of canola genotypes grown under diverse agro-ecological conditions. Egypt. J. Plant Breed. 10 (1) : 131 – 148.

Babu, C.R. ; C. Vijayalakshmi and M. Djanaguivaman (2003). Efficient screening indices for salt tolerance in rice genotypes. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 194.

Bacha, R.E. and T. Ishiy (1987). Breeding irrigated rice genotypes for resistance to iron toxicity. Lavoura Arrozeira 40 (376) : 20 – 21.

Bacha, R.E. and T. Ishiy (1988). The evaluation of lines and cultivars of irrigated rice for resistance to iron toxicity. Pp. 184 – 90. In : Anais 17a Reunia da Cultura do Arroz Irrigdo, Pelotes, Rs de 26 a 30 de Setembro de 1988. Pelotes Brazil ; Centro de Pesquisa Agropecuaria de Terras Baixas de Clima Tembaroda.

Baier, A.C. ; D.J. Somers and J.P. Gustafson (1995). Aluminium tolerance in wheat : correlating hydroponic evaluations with field and soil performances. Plant Breeding 114 : 291 – 296.

Banziger, M. and H.R. Lafitte (1997). Efficiency of secondary traits for improving maize for low nitrogen target environments. Crop Sci. 37 : 1110 – 11.

Barakat, M.N. and T.H. Abd El-Latif (1996). In vitro selection of wheat callus tolerant to high levels of salt and plant regeneration. Eyphytica 91 : 127 – 140.

Barber, S.A. (1976). Efficient fertilizer use. Pp 13 – 29. In Agronomic Research for Food, F.L. Patterson, Ed. Am. Soc. Agron. Sp. Publ. 26, Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin.

Barinaga, M. (1997). Making plants aluminum tolerant. Science 276 : 1497 – 1498.

Barrentine, W.L. ; C.J. Edwards, Jr and E.E. Hartwig (1976). Screening soybeans for tolerance to metribuzin. Agron J. 68 : 351 – 353.

Barriga, B.P. and A.A. Proschle (1996). Herencia del contenido y dè la eficienca de utilizacion del fosforo en trigo. Agro– Ciencia 12, 43– 49.

Barros, M.D.C. and T.A. Dyer (1988). Atrazine resistance in the grass *Poa annua* is due to a single base change in the chloroplast gene for the D_1 protein of photosystem II.Theoretical and Applied Genetics75,610– 16.

Batagwa, O.C. and H.A.A. Mascarenhas (1981). Iron toxicity in soybean. Bragontia 40 : 194 – 203.

Beckie, H.J. ; L.M. Hall and S.I. Hume (2001). Impact of herbicide – resistant crops as weeds in Canada. Proc Brighton Crop Protect Conf· Weeds : 135 – 142.

Begam, M. ; K.N. Srivastava ; Rai, M. and G. Kaur (2003). Ectoine, the compatible solute of marinococcus halophilus confers salt tolerance in transgenic tobacco.. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 196.

Bernard, R.L. and R.W. Howell (1964). Inheritance of phosphorus sensitivity in soybeans. Crop Sci. 4 : 298 –99.

Bernstein, L. ; L.E. Francois and R.A. Clark (1974). Interactive effect of salinity and fertility on yields of grains and vegetables. Agron. J. 66 : 412 – 421.

Beversdorf, W.D. ; D.J. Hume and M.J. Donnelly – Vanderloo (1988). Agronomic performance of triazine – resistant and susceptible reciprocal spring canola hybrids. Crop Sci. 28 : 932 – 934.

Bisht, N.C. ; P.K. Burma and Decpak-Pental (2004). Development of 2, 4 – D – resistant transgenics in Indian oilseed mustard (*Brassica juncea*). Current Science. 87 (3) : 367 – 370.

Blackshaw, R.E. ; D. Kanashiro ; M.M. Moloney and W.L. Crosby (1994). Growth yield and quality of canola expressing resistance to cetolactate synthase inhibiting herbicides. Can J. Plant Sci. 74 : 745 – 751.

Blaha, L. and V. Petrikova (1991). Possibilities of selecting wheat varieties for emission sites. Rostlinna Vyroba 37 : 323 – 32.

Blanding, C.R. ; S.J. Simmons ; P. Casati ; V. Walbot and A.E. Stapleton (2007). Coordinated regulation of maize genes during increasing exposure to ultraviolet radiation : Identification of ultraviolet responsive genes, functional processes and associated potential promoter motifs. Pl. Biotech. J. 5 (6) : 677.

Blum, A. (1988). Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, FL.

Borgonovi, R.A. ; R.E. Schaffert ; G.V.E. Pitta ; R. Magnavaca and S.U.M.C. Aliue (1985). Aluminum tolerance in sorghum. In : Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition. 16 – 20 June, 1985. Madison, U.S.A.

Boursier, P. and A. Lauchli (1990). Growth responses and mineral nutrient relations of salt-stressed sorghum. Crop Sci. 30 : 1226 – 1233.

Boye – Goni, S.R. and V. Marcarian (1985). Diallel analysis of aluminium tolerance in selected lines of grain sorghum. Crop Sci. 25 : 749 – 755.

BoZhou, Y. Li ; Z. Xu ; H. Yan ; S. Homna and S. Kawabata (2007). Ultraviolet A-specific induction of anthocyanin biosynthesis in the sowllen hypocotyls of turnip (*Brassica rapa*). J. Experimental Botany 58 : 1771 – 1781

Bozorgipour, R. and J.W. Snape (1997). An assessment of somaclonal variation as a breeding tool for generating herbicide tolerant genotypes in wheat (*Triticum aestivum* L.). Euphytica 94 : 335 – 340.

Brancourt – Hulmel, M. ; E. Heumez ; P. Pluchard ; D. Beghin ; C. Depatureaux ; A. Ciraud and J. Le. Gouis (2005). Indirect versus direct selection of winter wheat for low – input or high – input levels. Crop Sci. 45 (4) : 1427 – 1431.

Breaux, E.J. ; E.F. Sanders and J.E. Patanella (1985). Biochemical indicators of herbicide phytotoxicity : Stress glutathione analysis. Proc. North Central Weed Control Confer. 40 : 124.

Bregitzer, P. and D. Tonks (2003). Inheritance and expression of transgenes in barley. Crop Sci. 43 (1) : 4 – 12.

Brkic, I. ; D. Simic ; Z. Zdunic ; A. Jambrovic ; T. Ledencan ; V. Kovacevic and I. Kadar (2003). Combining abilities of corn belt inbred lines of maize for mineral content in grain. Maydica 48 (4) : 293 – 297.

Brkic, I. ; D. Simic ; Z. Zdunic ; A. Jambrovic ; T. Ledencan ; V. Kovacevic and I. Kadar (2004). Genotypic variability of micronutrient element concentrations in maize kernels. Cereal Research Communications 32 (1) : 107 – 112.

Brown, J.C. and W.E. Jones (1977 a). Manganese and iron toxicities dependent on soybean variety. Commu. Soil. Sci. Plant Anal. 8:1 – 15.

Brown, J.C. and W.E. Jones (1977 b). Fitting plants nutritionally to soils. 1 : soybeans. Agron. J. 69 : 399 – 404.

Brugnoli, E. and M. Lauteri (1991). Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity, and carbon isotope discrimination of salt-tolerant (*Gossypium hirsutum*, L.) and salt-sensitive (*Phaseolus vulgaris*, L.) C_3-non-halophytes. Plant Physiol. 95 : 628 – 635.

Burman, U. ; B.K. Garg and S. Kathju (2003). Interactive effects of nitrogen and sulphur on Indian mustard under an irrigation gradient. Abstracts :

2[nd] International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 369.

Cakmak, I. ; R.M. Welch ; J.Hart ; W.A. Norvell ; L. Ozturk and L.V. Kochian (2000). Uptake and retranslocation of leaf – applied cadmium (^{109}Cd) in diploid, tetraploid and hexaploid wheats. J. of Experimental Botany 51 (343) : 221 – 226.

Camargo, C.E. de O. (1985). Melhoramento do trigo. XI. Estudo da tolerancia a toxicidade de ferro. Bragantia 44 : 87 – 96.

Canola Council of Canada (2001). An Agronomic and Economic Assessment of Transgenic Canola. http : // www. Canola-council . org production / gmo-toc. Html.

Cao, Y. and K.R. Schubert (2001). Molecular cloning and characterization of a cDNA encoding soybean nodule IMP dehydrogenase. Biochimica et Biophysica Acto, Gene Structure and Expression 1520 (3): 242 – 246.

Carlson, J.R. ; J.M. Jr ; Ditterline ; D.C. Sands and R.E. Lund (1983). Alfalfa seed germination in antibiotic agar containing NaCl. Crop Sci. 23, 882.

Carter, D.L. (1969). Managing moderately saline (Salty) irrigation waters. Univ. Idaho Curr. Inp. Ser. No. 107.

Cartwright, B. ; B.A. Zarcinas and L.R. Spouncer (1986). Boron toxicity in south Australian barley crops. Aust. J. Agric. Res. 37 : 351 – 359.

Casas, A.M. ; D.E. Nelson ; K.G. Raghnothama ; M.P. D Urzo ; N.K. Singh ; R.A. Bressan and M. Hasegawa (1992). Expression of osmotin-like genes in the halophyte *Atriplex nummularia* L. Plant Physiol. 99 : 329 – 337.

Casati, P. and V. Walbot (2003). Gene expression profiling in response to ultraviolet radiation in maize genotypes with varying flavonoid contents. Plant Physiology 132 : 1739 - 1754.

Champagnol, F. (1979). Relationship between phosphate nutrition of plants and salt toxicity. Phosphate Agric. C. 76 : 35 - 43.

Chaubey, C.N. ; D. Senadhira and G.B. Greqorio (1994). Genetic analysis of tolerance for phosphorus deficiency in rice. Theor. Appl. Genet. 89 : 313 – 317.

Chauhan, Y.S. (1984). Screening for tolerance to salinity and water logging : case studies with pigeonpea (*Cajanus cajan*) and chickpeas (*Cicer arietinum*). In : Consultants Workshop on Adaptation of Chickpea and Pigeonpea for Tolerance to Abiotic stresses, ICRISAT, Patanchru, India, December 1984 (multilith).

Chauhan, B.S. Ashok-Yadav and R.K. Malik (2001). Competitive wheat genotypes under zero tillage : an important tool to manage resistant phalaris minor. Indian J. of Weed Science. 33 (1 / 2) : 75 – 76.

Chopra, V.L. (2001). Breeding Field Crops. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi.

Chopra, N.K. and N. Chopra (1997). Effect of saline water on performance of wheat varieties in Western Rajathan. Indian J. of Agronomy. 42 (3) : 468 – 470.

Chowdhry, A.R. and R.E. Allan (1963). Inhertance of cleoptile length and seedling height and their relation to plant height of four winter wheat crosses. Crop Sci. 3 : 53 – 58.

Christoffers, M.J. ; M.L. Berg and C.G. Messersmith (2002). An isoleucine to leucine mutation in acetyl – CoA carboxylase confers herbicide resistance in wild oat. Genome 45 (6) : 1049 – 1056.

Cianzio, S.R. de and W.R. Fehr (1982). Variation in inheritance of resistance to iron deficiency chlorosis in soybeans. Crop. Sci. 22 : 433 – 434.

Clark, R.B. (1976). Plant efficiencies in the use of calcium, magnesium and molybdenum. **PP.** 175 – 191. **In : M.J. Wright (ed.). Plant** Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils. Cornell **Univ.** Agric. Exp. Stn. Spec. Publ. 420 pp.

Clark, R.B. (1978).Differential response of maize to zinc. Agron. J.70:1057 – 1060.

Clark, R.B. (1982a). Mineral nutritional factors reducing sorghum yields : micronutrient and acidity. In : **P.R. Rao** (ed.). Sorghum in the Eighties. ICRISAT Symposium. New Delhi, India ; Oxford and IBH Pub. Co.

Clark, R.B. (1982b). Plant response to mineral element toxicity and deficiency. In : M.N. Christiansen and C.F. Lewis. Breeding Plants for Less Favorable Environments, P. 71 – 142. John Wiley and Sons.

Close, T.J. ; A.A. Kortt and P.M. Chandler (1989). A cDNA-based comparison of dehydration-induced proteins (dehydrins) in barley and corn. Plant Mol Biol, 13 : 95 – 108.

Cooke, G.W. (1987). Maximizing fertilizer efficiency by overcoming constraints to crop growth. J. Plant Nutr. 10 : 1357 – 1369.

Correia, C. M.; E. L. V. Areal; M. S. Thorres- Pereiva and J. M. G. Torres- Pereiva (1998). Intraspecific variation in sensitivity to ultraviolet- B radiation in maize grown under field condiations. I.Growth and morphological aspects. Field Crops Research 59 (2) : 81- 89.

Crooks, H.L. ; A.C. York and D.L. Jurdan (2004). Tolerance of six softred winter wheat cultivars to AEF 130060 00 plus F 115008 00. Weed Technology. 18 (2) : 252 – 257.

Cruz, V. ; J. Cuartero ; M.C. Bolaril and M. Romer (1990). Evaluation of characters for ascertaining salt stress responses in *Lycopersicon* species . J. Amer Soc. Hort Sci. 115 : 1000 – 1003.

Cuthbert, J.L. ; P.B.E. Mc Vetty ; G. Freyssinet and M. Freyssinet (2001). Comparison of the performance of bromoxynil resistant and susceptible near-isogenic populations of oilseed rape. Can J. Plant Sci. 81 : 367 – 372.

Dangarwala, R.T. and B.K. Patel (1981). Screening of rice varieties for susceptibility of zinc deficiency. Gujarat Agric. Univ. Res. J. 7 : 49 – 52.

Darwish, D.S. ; M.M.F. Abdalla ; H.A. Saber and M.T. Sadik (2007). Investigations on faba beans, *Vicia faba* L. 22-reaction of six faba bean genotypes and Orobanche to the herbicide glyphosate. Proceed. Fifth Pl. Breed. Conf. May 27, 2007 (Giza) P. 401 – 409.

Darwish, D.S. ; M.M.F. Abdalla ; S.A. Mahmoud and T.S. Elmarsafawy (2003). Investigations on faba beans, *Vicia faba* L. 18 – prformance of some breeding materials in saline affected soils. Proceed. Third Pl. Breed. Conf. April 26, 2003 (Giza). Egypt. J. Plant Breed. 7 (1) : 347 – 361 (Special Issue).

Das, S. and K.K. Baruah (2003). Effect of higher levels of iron in the growth medium on growth and yield of rice. Abstr. : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 391.

Deblock, M. ; D. De Brouwer and P. Tenning (1989). Transformation of *Brassica napus* and *Brassica oleracea* using *Agrobacterium tumefaciens* and the expression of the *Bar* and *Neo* genes in the transgenic Crops. Br Crop Protection Council 72 : 109 – 116. Farnham.

Deeken, R. ; P. Ache ; K. Philippar and R. Hedrich (2001). Apoplastic factors regulate the AKT2 / 3 – type potassium channels. Fourteenth International Plant Nutrition colloquium, Hannover, Germany 2001, 248 – 249.

Deng , F. ; J. Jelesko ; C.L. Cromer ; J.R. Wu and K.K. Hatzios (2003). Use of an antisense gene to characterize glutathions S. transferase functions in transformed suspension cultured rice cells and calli. Pesticide Biochemistry and Physiology. 75 (1 / 2) : 27 – 37.

Deshmukh, P.S. ; R.K. Sairam ; S.R. Kushwaha and T.P. Singh (2003). Simple indices for measuring stress tolerance in crop plants. Abstr. : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 148.

Dev, G. and M.S. Bajwa (1972). Studies on salt tolerance of sugarcane. Indian Sugar 22 : 723 – 726.

Dewey, D.R. (1962). Breeding crested wheatgrass for salt tolerance. Crop Sci., 2, 403.

Dhawan, R.S. ; A.K. Dhawan ; S. Kaila and R. Moudgil (2005). Assessment of variation in isoproturon in susceptible and resistance

biotypes of phalaris minor Retz. by RAPD analysis. Indian J. of Biotechnology. 4 (4) : 534 – 537.

Dhayal, L.S. ; E.V. Divakara Sastry and M.L. Jakhar (**2003**). Genetic architecture of yield and its component traits in bread wheat (*Triticum aestivum L.*) grown under saline and normal environments. Indian J. Genet, 63 (4) : 335 – 336.

Diaz-de Leon, J.L. ; Carrillo-Laguna, M. Rajaram, S. ; Mujeeb-Kazi, A. Leon, L.D. and J.L.D. Leon-de (**1995**). Rapid *in vitro* screening of some salt tolerant bread wheats. Cereal Research Communications 23 (4) : 383 – 389.

Diebold, S. ; D. Robinson ; J. Zandstra ; J. O-Sullivan and P.H. Sikkema (**2004**). Sweet corn cultivar sensitivity to bentazon. Weed Technology. 18 (4) : 982 – 987.

Djanaguiraman, M. ; R. Ramadass and D.D. Devi (**2003**). Improvement of salt tolerance rice genotypes by salinity induction response technique. Abstr. : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 194.

Dornelles, A.L.C. ; F.I.F. Carvalho ; L.C. Federizzi ; M.J.C.M. Sereno ; A. Amaral and P. Langlois (**1996**). Avaliacao de genotipos de trigo hexaploide quanto a tolerancia e toxicidade do aluminio. Ciencia Rural 26 : 19 – 22.

Draz, A.S. (**2004**). Biotechnology and rice improvement in Egypt, Applications, constraints and prospects. The International Conference On Advanced Rice Research, 21 – 23 September 2004., Alexandria, Egypt. Abstract. P. 16.

Dubcovsky, J. ; A.F. Galvez and J. Dvorak (**1994**). Comparison of the genetic organization of the early salt-stress response gene system in salt-tolerant *Lophopyrum elongatum* and salt sensitive wheat. Theor. Appl. Genet. 87 : 957 – 964.

Duncan, R.R. ; R.M. Waskom ; D.R. Miller ; R.L. Voigt ; G.E. Hanning ; D.A. Timm and M.W. Nabors (**1991**). Registration of GAC 102 acid soil – tolerant Hegari regenerante. Crop Sci. 31 : 1396 – 1397.

Dvorak, J. ; K. Ross and S. Mendlinger (**1985**). Transfer of salt tolerance from *Elytriga pontica* (PodP.) Holub to wheat by the addition of an incomplete *Elytriga* genome. Crop Sci. 25 : 306 .

Dvorak, J. ; M. Edge and K. Ross (**1988**). On the evolution of adaptation of *Lophopyrom elongatum* to growth in saline environments. Proc. Nat Acad. Sci. USA, 85 : 3805 – 3809.

Dwivedi, R.S. (**1994**). Sugarcane management on salt affected soil (TIFAC-DST), IISR, Lucknow, India pp. 82.

Dwivedi, R.S. (1995). Constraints in Sugarcane Productivity Sugarcane production constrains (ed. Singh, G. B. and Shukla, U. S.), IISR, (ICAR), Lucknow, India p. 105 - 109.

Dwivedi, R.S. (2000). Physiology of sugarcane, 50 years of sugarcane research in India. (eds. Shahi, H.N. *et al.*,). IISR, Lucknow, p. 141 – 165.

Dwivedi, R.S. (2004). Physiological and molecular markers for screening salt stress tolerance in sugarcane. Proc.Internl. Symp.on Sustainable Sugarcane&Sugar Production Technol. Nanning P.R.China, p314 – 326.

Dwivedi, R.S. and A. Qadar (2004). Effect of sodicity on physiological traits. International Conf. " Sustainable management of Sodic lands. 9 – 14 Feb., Lucknow, India p. 60 – 65.

Dwivedi, R.S. and K.K. Srivastava (2000). Developing criteria for selecting sugarcane genotype resistant to salt stress. Technical Report IISR, (ICAR), Lucknow (India) pp. 29.

Ebrahim, M.K.H (2005). Stress tolerance responces of two cotton cultivars exposed to ultraviolet (366 nm) radiation. Acta Agronomica Hungarica 52 (2) : 1588 – 2527.

Echart, C.L. ; J.F. Barbosa-Neto ; D.F. Garvin and S. Cavalli-Molina (2002). Aluminum tolerance in barley : Methods for screening and genetic analysis. Euphytica 126 : 309 – 313.

Edwards, C.J. ; W.L. Barrentine and T.C. Kilen (1976). Inheritance of sensitivity to metribuzin in soybeans. Crop Sci. 16 : 119 – 120.

Ehsanpour, A.A. and F. Amini (2003). Effect of salt and drought stress on acid phosphatase activity in alfalfa (*Medicago sativa* L.) callus. Abstr. 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan 8 – 12, 2003, New Delhi, India p. 149.

Eisa, Salwa A.I. and El. Sh. Borhamy (2006). Influence of soil conditioner on micronutrients uptake by plants grown on a sandy soil. Egypt J. of Appl. Sci. 21 (4B) 686 – 699.

Elafendy, K.T. ; A.M. Abd El-Ghany ; I.A. Ashour and A.M. Talaat(2004). Productivity of two sorghum hybrids (*Sorghum bicolar* L. Moench) under different levels of irrigation water salinity and sulpher application in South Sinai. J. Agric. Sci. Mansoura Univ. 29 (4) : 1631 – 1644.

Elanchezhian, R. and A.B. Mandal (2003). RAPD analysis of somaclones developed from a salt tolerance rice cultivar-Pokkali. Abstr. 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan 8 – 12, 2003, New Delhi, India p. 179.

El-Batal, M.A. and M.H. Abd El-Gawad (1995). Tolerance of soybean cultivars to metribuzin. Zagazig J. Agric. Res. 22 (6) : 1365 – 1375.

El-Kady, A.A. and A.E. Abd El-Wahab (1999). Nitrogen fertilizer management and its effect on growth, yield and grain quality of some Egyptian rice cultivars. Egypt. J. Appl. Sci. 14 (7) : 24 – 35.

El-Kalla, S.E. ; M.S. Sultan ; M.S. Radwan and M.A. Abd El-Moneam (2001). Evaluation of combining ability of maize inbred lines under low and high N-fertilization. The Second Pl. Breed. Conf., October 2, 2001, 139 – 149.

El-Kholy, M.A. ; A.T. Thalooth and M.M. Tawfik (2004). A comparative study on growth, yield and some chemical constituents for six wheat cultivars grown under different irrigation water salinity levels. Egypt. J. Appl. Sci. 19 (11B) : 529 – 546.

Elliott, G.C. and A. Lauchli (1985). Phosphorus efficiency and phosphate-iron interaction in maize. Agron. J. 77 : 399 – 403.

El-Menshawi, M.M. ; N.A. Ashry and C.R. Azzam (2003). Evaluation of some grain sorghum hybrids under saline conditions and identification of salinity tolerant genotypes using some biochemical genetic markers. Egypt. J. Plant Breed. 7 (2) : 183 – 203.

El-Sayad, M.H. ; S.E. Mahrous ; H.M. Ramadan and M.E. El-Fayoumy (2006). Impact of compost and mineral fertilizers applications on cereal crops in a calcareous soil. Minufiya J. Agric. Res. 31 (4) : 1067 – 1085.

El-Sayad, Z.S. and A.E.K. El-Ghobashy (2003). Tolerance of some local and introduced lupine genotypes to salinity. Zagazig J. Agric. Res. 30 (3) : 607 – 618.

El-Shafai, A.M.A. and M.T. El-Tantawy (2006). Effect of land levelling and nitrogen fertilization on yield and quality of sugar beet. Egypt. J. Appl. Sci. 21 (11) : 19 – 31.

Epstein, E. (1983). Crops tolerant to salinity and other mineral stresses. In. Better Crops for Food. Ciba Found. Symp. 97, pp. 61 – 82.

Epstein, E. ; J.D. Norlyn ; D.W. Rush ; R.W. Kingsbury ; D.B. Kelly ; G.A. Cunninghum and A.F. Wrona (1980). Saline culture of crops : a genetic approach. Science 210 : 399 – 404.

Erickson, J.M. ; M. Rahire ; P. Bennoun ; P. Delepelaire ; B. Diner and J.D. Rochaix (1984). Herbicide resistance in *Chlamidomonas reinhardtii* results from a mutation in the chloroplast gene for the 32 – kilodalton protein of photosystem II. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 81 , 3617 – 21.

Erickson, J.M. ; M. Rahire ; J.D. Rochaix and L. Mets (1985). Herbicide resistance and cross resistance : changes at three distinct sites in the herbicide – binding protein. Science 25, 204 – 7.

Esty, J.C. ; A.B. Onken ; L.R. Hossner and R. Matheson (1980). Iron use efficiency in grain sorghum hybrids and parental lines. Agron. J. 72 : 589 – 592.

Fageria, N.K. and M.P. Barbosa Filho (1981). Screening rice cultivars for higher efficiency of phosphorus absorption. Pesq. Agropec. Bras. Bras. Brasilia 26 : 777 – 782.

Fageria, N.K. ; V.C. Ballgar and Charles Allan jones (1997). Growth and mineral nutrition of field crops. New York. Basel. Hong Kong.

Fahmy, E.M. ; F.M. Abd El-Tawab ; A.A. Tayel ; A. Bahieldin and M.A. El-Anany (1992). Biochemical genetic markers for salt tolerance in maize(*Zea mays*). Annals Agron. Sci., Ain Shams Univ., Cairo 37 (1) : 147 – 157.

Fan, Z. ; Chen-Jun Peng ; Hu-Ji Ye ; Qian-Chuan Fan and Li-Zheng Ming (2003). Activity of acetolactate synthase from maize (*Zea mays* L.) as influenced by chlorsulfuron and tribenuronmethyl. Agric. Sci. in China. 2 (2) : 176 – 182.

FAO (1983). Micronutrients. FAO fertilizer and plant nutrition. Bulletin 7. Land and Water Development Division, Rome.

Finnie, C. ; T. Steenholdt ; O.R. Noguera ; S. Knudsen ; J. Larsen ; H. Brinch-Pedersen ; P.B. Holm ; O. Oslen and B. Svensson (2004). Environmental and transgene expression effects on the barley seed proteome. Phytochemistry 65 (11) : 1619 – 1627.

Fischer, R.A. and J.T. Wood (1979). Drought resistance in spring wheat cultivars. III. Yield associations with morphophysiological traits. Aust. J. Agric. Res. 30 : 1001 – 1020.

Flowers, T.J. and A.R. Yeo (1995). Breeding for salinity resistance in crop plants. Where next ? Aust J. Plant Physiol, 22 : 875 – 884.

Forster, B.P. ; M.S. Phillips ; T.E. Miller ; E. Baird and W. Powell (1990). Chromosome location of genes controlling tolerance to salt (NaCl) and vigour in *Hordeum vulgare* and *H. chilense*. Heredity, 65 : 99 – 107.

Francois, L.E. ; E.V. Maas ; T.J. Donovan and V.L. Youngs (1986). Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth and germination of semi-dwarf and durum wheat. Agron. J. 76 : 1053 – 1058.

Fribank, L.G. ; A.M. Dewar ; M.O. Hill ; M.J. May ; J.N. Perry ; P. Rothery and G.R. Squire (1999). Farm – scale evaluation of GM crops explained. Nature 399 : 727 – 728.

Frihauf, J.C. ; S.D. Miller and C.M. Alford (2005). Imazamox rates, timings and adjuvants affect imidazolinone-tolerant winter wheat cultivars. Weed Technology. 19 (3) : 599 – 607.

Fuentes, C.L. and G.D. Leroux (2003). Rimsulfuron uptake, tranlocation, metabolism and ALS sensitivity to rimsulfuron in two maize hybrids. Agronomia Colombiana. 21 (1 / 2) : 17 – 27.

Furlani, A.M.C. ; R.B. Clark ; J.W. Maranville and W.M. Ross (1982). Sorghum genotype differences to organic and inorganic sources of phosphorus. (Abstr), In : **P.R. Rao** (ed.) Sorghum in Eighties. Proc. Int. Symp. on sorghum, 2 – 7 Nov, ICRISAT. PP. 751 – 752. New Delhi, Oxford and IBH Pub. Co.

Furlani, A.M.C. ; R.B. Clark ; W.M. Ross and J.W. Maranville (1987). Differential phosphorus uptake, distribution, and efficiency by sorghum inbred parents and their hybrids. PP. 287 – 298. In : **W.H. Gabelman and B.C. Lughman** (eds.). Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition. Nijhoff, Dordrecht, Netherlands.

Furlani, A.M.C. ; M. Lima and L.L. Nass (1998). Combining ability effects for P – efficiency characters in maize grown in low P nutrient solution. Maydica 43, 169 – 174.

Gallego, F.J. and C. Benito (1997). Genetic control of aluminum tolerance in rye (*Secale cereale* L.). Theor Appl Genet 92 : 688 – 695.

Gamzikova, O.I. and O.I. Maistrenko (1991). Genetic control of the assimilation of nitrogen compounds in wheat. Izvestiya Akademii Nauk SSSR, Seriya Biologincheskaya No. 5 : 700 – 706.

Garcia, A. ; D. Senadhira ; T.J. Flowers and A.R. Yeo (1995). The effects of selection for sodium transport and of selection for agronomic characteristics upon salt resistance in rice (*Oryza sativa* L.). Theor Appl. Genet, 90 : 1106 – 1111.

Gehlot, H.S. and A. Purohit (2003). Protein alterations and metabolic changes associated with salinity in seedlings of *Sesamum indicum* cultivars. Abstr. 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan 8 – 12, 2003, New Delhi, India p. 192.

Genc, Y. ; K.W. Shepherd ; G.K. McDonald and R.D. Graham (2003). Inheritance of tolerance to zinc deficiency in barley. Plant Breeding 122 : 283 – 284.

Ghallab, K.H. and A.N. Sharaan (2002). Selection in canola (*Brassica napus* L.) germplasm under conditions of newly reclaimed land. 2. Salt tolerant selections. Egypt. J. Plant Breed. 6 (2) : 15 – 30.

Ghersa, C.M. ; M.A. Ghersa ; M.L. Rouch and S.R. Radosevich (1991). " Fitness Studies of Italian Ryegrass Resistant to Diclofop – Methyl : 3 , Selection Pressures for Resistance and Germination Time " in Proceedings of the Western Society of Weed Science P. 42.

Gianessi, L.P. (2005). Economic and herbicide use impacts of glyphosate-resistance crops. Pest Management Science. 61 (3) : 241 – 245.

Glover, D.G. and W.T. Jr. Schapaugh (2002). Inheritance of resistance to pendimethalin herbicide induced stem damage in soybean. Euphytica. 125 (3) : 433 – 437.

Goebiowska, H. and H. Rola (2003). The influence of weather conditions on selectivity of sulfonylurea herbicides to the selected maize varieties. J. of Plant Protection Res. 43 (3) : 219 – 224.

Gomes, **G.E.E. ; I.E. Marriel ; P.E. de- O. Guimaraes ; S.H. Parentoni ; M.X. Jos ; C.A.P. Pacheco ; W.F. Miereles ; P.H.E. Ribeiro and A.C. de Oliveira (2002).** Combining ability for nitrogen use in a selected set of inbred lines from a tropical maize population : Revista – Brasileira de Milho e Sergo 1 (3) : 68 – 77.

Gorham, L. and R.G.W. Jones (1990). A physiological approach to improve the salt tolerance of wheat. Rachis 9 (2) : 20 – 24.

Gorny, A.G. (1999). Inheritance of nitrogen and phosphorus utilization efficiencies in spring barley at the vegetative growth stages under high and low nutrition. Plant Breeding 118 , 511 – 516.

Gorny, A.G. (2000). The influence of nutrient shortage on the expression of combining ability effects for root characters in spring barley (*Hordeum vulgare* L.). J. of Appl and Genet. 4 (2) : 63 – 73.

Gorny, A.G. and T. Sodkiewicz (2001). Genetic analysis of the nitrogen and phosphorus utilization efficiencies in mature spring barley plants. Plant Breeding 120 : 129 – 132.

Gorsaline, G.W. ; W.I. Thomas and D.E. Baker (1968). Major gene inheritance of Sr, Ca, Mg, P, Zn, Cu, B, Al, Fe and Mn concentration in corn (*Zea mays* L.). Pennsylvania State Agric. Exp. Stn. Bull. 764.

Gorsaline, G.W. ; W.I. Thomas ; D.E. Baker and J.L. Ragland (1964). Relationship of strontium-calcium within corn. Crop Sci. 4: 154 – 156.

Gorz, H.J. ; F.A. Haskins ; J.F. Pedersen and W.M. Ross (1987). Combining ability effects for mineral elements in forage sorghum hybrids. Crop Sci. 27, 216 – 219.

Graham, R.D. (1978). Tolerance of triticale, wheat and rye to copper deficiency. Nature 271 : 542 – 543.

Graham, R.D. (1984). Breeding of nutritional characteristics in cereals. Advances in Plant Nutrition, 1. : 57 - 102

Graham, R.D. (1988). Genotypic differences in tolerance to Mn deficiency. In : **R.D. Graham ; R.J. Hannam and N.C. Uren** (eds.), Mn in Soils and Plants, 261 – 276. Kluwer Academic publ., Dordrecht.

Graham, R.D. (1989). Development of wheat with enhanced nutrient efficiency : Progress and potential in wheat production constraints in tropical environments. Proc. Int. Conf. Chaing Mai, Thailand, 19 – 25 Jan., 1987.

Graham, R.D.; G.D. Anderson and J.S. Ascher (1981). Absorption of copper by wheat, rye and some hybrid genotypes. J. plant Nutr. 3: 679 – 680.

Graham, M.J. ; C.D. Nickell and R.G. Hoeft (1995). Inheritance of tolerance to manganese deficiency in soybean. Crop Sci. 35 : 1007 – 1010.

Greger, M. and M. Lofstedt (2004). Comparison of uptake and destribution of cadmium in different cultivars of bread and durum wheat. Crop Sci. 44 : 501 – 507.

Gregorio, G.B. and T. Htut (2003). Micronutrient dense rice : developing breeding tools at IRRI. Rice Science innovations and impact for livelihood proceedings of the International Rice Research Conference , Beijing, China 16 – 19 Sept. 2002.

Grieve, C.M. ; S.M. Lesch,; L.E. Francois, and E.V. Maas, (1992). Analysis of main spike yield components in salt stressed wheat. Crop Sci. 32 : 697 – 703.

Grumet, R. and A.D. Hanson (1986). Genetic evidence for osmoregulatory function of glycinebetaine accumulation in barley. Aust. J. of Plant Physiology 13 : 353 – 364.

Gulick, P.J. ; W. Shen and H. An (1994).*Es 13*.a stress-induced gene from *Lophopyrum elongatum*. Plant Physiol, 104 : 799 – 800.

Gull, M.K. (2002). QTL-Kavtierung und Analyse von QTL x Stickstoff Interaktionen bein Winterraps (*Brassica napus* L.). Doctoral dissertation. Cuvillien, Gottingen.

Gupta , U.C. (1993) . Deficiency, sufficiency and toxicity levels of boron in crops.In: Boron and its Role in Crop Production , U.C. Gupta, Ed., CRC Press, Boca Raton, FL, pp 137-145 .

Gupta, U.S. (1997). Crop Improvement : vol. 2 : Stress Tolerance. Science Publishers, Inc.

Gupta, U.S. (2000). Crop Improvement : vol. 3 : Quality Characters. Science Publisher, USA.

Gupta, V.K. ; R.K. Tomar ; R.N. Garg ; D. Singh ; R.P.A.S. Singh and D. Chand (2003). Characterization of spectral and thermal behaviour of wheat under varying levels of fertilizers. Abstracts. 2[nd] International Congress of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India. P. 402.

Gurusamy, A. ; R. Kathiresan ; V. Ganesaraja and M. Raveendarn (2000). Screening of rice cultivars for herbicide tolerance. J. of Phytological Research. 13 (1) : 95 – 96.

Ha, S.B. ; S.B. Lee ; Y. Lee ; K. Yang ; N. Lee ; S.M. Jang ; J.S. Chung ; S. Jung ; Y.S. Kim ; S.G. Wi and K. Back (2004). The plastidic Arabidopsis protoporphyrinogen IX oxidase gene, with or without the transit sequence, confers resistance to the diphenyl ether herbicide in rice. Plant, Cell and Environment. 27 (1) : 79 – 88.

Hageman, R.H. ; D. Fletcher and A. Gitter (1961). Diurnal variation and other light effects influencing the activity of nitrate reductase and nitrogen metabolism in corn. Crop Sci. 1 : 201 – 204.

Haley, S.D. ; J.J. Johnson ; F.B. Peairs ; J.S. Quick ; P.H. Westra ; J.A. Stromberger ; S.R. Clayshulte ; B.L. Clifford ; J.B. Rudolph ; B.W. Seabourn ; O.K. Chung ; Y. Jin and J. Kolmer (2006 a). Registration of protection wheat. Crop Science. 46 (2) : 995 – 996.

Haley, S.D. ; J.J. Johnson ; F.B. Peairs ; J.S. Quick ; P.H. Westra ; J.A. Stromberger ; S.R. Clayshulte ; B.L. Clifford ; J.B. Rudolph ; B.W. Seabourn ; O.K. Chung ; Y. Jin and J. Kolmer (2006 b). Registration of Bond CL wheat. Crop Science. 46 (2) : 993 – 995.

Haley, S.D. ; M.D. Lazar ; J.S. Quick ; J.J. Johnson ; G.L. Peterson ; J.A. Stromberger ; S.R. Clayshulte ; B.L. Clifford ; T.A. Pester ; S.J. Nissen ; P.H. Westra ; F.B. Peairs and J.B. Rudolph (2003). Above winter wheat. Canadian J. of Plant Science. 83 (1): 107 – 108.

Harker, K.N. ; R.E. Blackshaw ; K.J. Kirkland ; D.A. Derksen and D. Wall (2000). Herbicide – tolerant canola : weed control and yield comparisons in western Canada. Can J. Plant Sci. 80 : 647 – 654.

Hartwig, E.E.; W.F. Jones and T.C. Kilen (1991). Identification and inheritance of inefficient zinc absorption in soybean.Crop Sci. 31,61– 63.

Hartzook, K.A. (1982). The problem of iron deficiency in peanut (*Arachis hypogaea* L.) on basic calcareous soils in Israel. J. Plant Nutr. 5 : 923 – 926.

Hassan, A.I.A. (2002). Gene action and heritability estimates of F_3 wheat families under saline conditions at Ras Sudr. Zagazig J. Agric. Res. 29 (2) : 405 – 420.

Hassanein, A.H.M. ; A.M. Azab ; H. Lieth and A.A. Al-Masoom (1993). Salt tolerance of grain sorghum. Towards the national use of high salinity tolerant plants. Volume 2. Agriculture and forestry under marginal soil water conditions. Procedings of the ASWAS Conference, 8 – 15 December 1990, Al Ain, United Arab Emirates. 1993, 153 – 156.

Havaux, M.A. (1989). Comparison of atrazine – resistant and susceptible biotypes of *Senecio vulgaris* L : effects of high and low temperatures on the *in vivo* photosynthetic electron transfer in intact leaves. Journal of Experimental Botany 40, 849 – 54.

Havlin, J.L. ; J.D. Beaton,; S.L. Tisdale, and W.L. Nelson, (1999). Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. 6th Ed. Prentica Hall Upper Soddle River, New Jersey 07458.

Hawkesford, M.J. ; P. Barraclough ; P. Buchner ; K. Edwards ; C. Lu and J.R. Howarth (2003). Nutrient regulated gene expression and plant

nutrition. Abstracts. 2nd International Congress of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India. P. 395.

Hede, A.R. ; B. Skovmand ; J.M. Ribaut ; D. Gonzalez-De-Leon and O. Stolen (2002). Evaluation of aluminum tolerance in a spring rye collection by hydroponic screening. Plant Breeding 121 : 241 – 248.

Hidema, J. ; M. Teranishi ; Y. Iwamatsu ; T. Hirouchi ; T. Ueda ; T. Sato ; B. Burr ; B.M. Sutherland ;K. Yamamoto and T. Kumagai(2005). Spontaneously occurring mutations in the cyclobutane pyrimidine dimer photolyase gene cause different sensitivites to ultraviolet-B in rice. Plant Journal. 43 (1) : 57 – 67.

Hiraki, M. ; S. Ishida ; H. Watanabe ; H. Ogawe ; H. Kohno ; P. Boger and K. Wakabayashi (2000). Variation of protoporphyrinogen-IX oxidase sensitivity to peroxidizing herbicides among corn varieties. J. of Weed Science and Technology. 45 (1) : 7 – 12.

Hiremath, S.M. ; M. Kalpana ; M.B. Chetti and A. Suryavanshi (2003). Role of magnesium on disease resistance and its relationship with productivity potential in groundnut. Abstracts. 2nd International Congress of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India. P. 400.

Hobbs, S.L.A. (1987). Comparison of Photosynthesis in Normal and Triazine – Resistant Brassica. Can. J. Plant Sci. 67 : 457 – 466.

Hofer, H. and E. Schutz (1980). Contribution to the determination of threshold toxicity levels for heavy metals in plant production. Mittellungen fur die Schweizerische Landwirtschaft 28 : 66 – 77.

Howarth, J.R. ; J.N. Jacquet ; A. Doherty ; H.D. Jones and M.E. Cannell (2005). Molecular genetic analysis of silencing in two lines of *Triticum aestivum* transformed with the reporter gene construct *pAHC25*. Annals of Applied Biology. 146 (3) : 311 – 320.

Howie, J. ; J. Heap ; C. Preston and R.M. Nair (2002). Development of an annual medic tolerant of sulfonylurea herbicide residues. 12th Australasian Plant Breeding Conference, Perth, Western Australia 15 – 20th September Abstr. P. 204.

Huang, C.Y. and R.D. Graham (1990). Resistance of wheat genotypes to boron toxicity is expressed at the cellular level. Plant Soil 126 : 295 – 300.

Huang, Q. ; L. Weitlua ; S. Hui ; D. Xin and S. Jin (2005). *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transgenic wheat plants with glutamine synthetases confer tolerance to herbicide. Acta-Phytoecdogica-Sinica 29 (2) : 338 – 344.

Hurkman, W.J. and C.K. Tanaka (1996). Effect of salt stress on germin gene expression in barley roots. Plant Physiol. (submitted).

Hurkman, W.J. ; H.P. Tao and C.K. Tanaka (1991). Germin-like polypeptides increase in barley roots during salt stress. Plant Physiol. 97 : 366 – 374.

Ichii, M. and M. Nakamura (1990). Heterosis for nutrient uptake in F_1 rice hybrid seedlings. Jap. J. Crop Sci. 59 : 140 – 145.

IRRI, International Rice Research Institute (1996). Annual Report for 1996. Los Banos. Philippines.

Ishitani, M. ; K. Arakawa ; K. Mizuno ; S. Kishitani and T. Takabe (1993). Betaine aldehyde dehydrogenase in the Geramineae : levels in leaves of both betaine – accumulating and nonaccumlating cereal plants. Plant Cell Physiol., 34 (3) : 493 – 495.

Isla, R. ; R. Aragues and A. Royo (1998). Validity of various physiological traits as screening criteria for salt tolerance in barley. Field Crops Res. 58 : 97 – 107.

Islam, M.S. ; P.S.L. Srivastava and P.S. Deshmukh (1999). Genetic studies on drought tolerance in wheat. II. Early seedling growth and vigor. Annals of Agric. Res. 20 (2) : 190 – 194.

Ismail, A.M. and F. Moradi (2003). Salinity tolerance in rice. A physiological perspective. Abstracts, 2nd International Congress of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India. P. 152.

Jafari-Shabestari, J. ; H. Corke and C.O. Qualset (1995). Field evaluation of tolerance to salinity stress in Iranian hexaploid wheat landrace acceessions. Gen. Resour. Crop Evol. 42, 147 – 156.

James, C. (2001). Global review of commercialized transgenic crops : 2001. ISAAA Briefs No. 24 International Service for the Acquisition of Agribiotechnology Applications. Ithaca. N.Y.

Jamjod, S. ; C.E. Mann and B. Rerkasem (1992). Inheritance of boron deficiency response in two wheat crosses In : C.E. Mann and B. Rerkasem (Eds.) Boron deficiency in wheat pp. 86 – 89. Wheat Special Report No. 11, Mexico DF., CIMMYT.

Janila, P. ; T.N. Rao and A.A. Kumar (1999). Germination and early seedling growth of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) varieties under salt stress. Annuals of Agric., Res. 20 (2) : 180 – 182.

Jarso, M. and G. Keneni (2003). Expression of quantitative trait loci : (QTL) in diverse spring barley (*Hordeum vulgare* L.) recombinant inbred lines under different nitrogen environments. J. of Genet. and Breed. 57 (3) : 295 – 303.

Jiang , J. Da ; S.O. Linscombe ; Wang-Jianlin and J.H. Oard (2000). High efficiency transformation of U.S. rice lines from mature seed-derived calli and segregation of glufosinate resistance under field conditions. Crop science. 40 (6) : 1729 – 1741.

Jones, M.P. and J.W. Stenhouse (1984). Inheritance of salt tolerance in mangrove swamp rice. Int. Rice Res. Newsl. 9 (9) : 9 – 10.

Jung, S. ; Y. Lee ; K. Yang ; S.B. Lee ; S.M. Jang ; S.B. Ha and K. Back (2004). Dual targeting of *Myxococcus xanthus* protophyrinogen oxidase into chloroplast and mitochondria and high level oxyfluorfen resistance. Plant, Cell and Environment. 27 (11) : 1436 – 1446.

Jung, S. Yo and B. KyoungWhan (2005). Herbicidal and antioxdant responses of transgenic rice overexpressing *Myxococcus xanthus* protoporphyrinogen oxidase. Plant Physiology and Biochemistry. 43 (5) : 423 – 430.

Kafkafi, U. (1984). Plant nutrition under saline conditions. Soil Salinity Under Irrigation Processes and Management (*I. Shainberg* and *J. shalhevet*, eds), Springer-Verlag, Berlin, PP. 319 – 338.

Karazawa, M. and C.E. Caviness (1979). Genetic variability for resistance to propanil injury in soybeans. Crop Sci. 19 : 739 – 740.

Karim, F.M. and A.J. Dakeel (2006). Salt-Tolerance Plants of The United Arab Emirates. International Center for Biosaline Agriculture.

Kawahigashi, H. ; S. Hirose ; H. Inui ; H. Ohkawa and Y. Ohkawa (2005). Enhanced herbicide cross-tolerance in transgenic rice plants co-expressing human CYPIAI, CYP2B6, and CYP2C19. Plant Science. 168 (3) : 773 – 781.

Keshta, M.M. ; K.M. Hammad and W.A.I. Sorour (1999). Evaluation of rapseed genotypes in saline soil. Proc. 10^{th} Intern. Rapseed Conf. Conberra, Australia : 214 – 219.

Khabaz,-Saberi, H. ; R.D. Graham and A.J. Rathjen (1999). Inheritance of manganese efficiency in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*). J. Plant Nutr. 22 : 11 – 22.

Khabaz,-Saberi, H. ; R.D. Graham ; M.A. Pallotta ; A.J. Rathjen and K. J. Williams (2002). Genetic marker for manganese efficiency in durum wheat. Plant Breeding 121 : 224 – 227.

Khan, M.G. (1996). H^+-ATPase activity A message in salinity response. Physiol Mol Biol Plants, 32 : 385 – 406.

Khan, A.A. ; S.A. Rao and T. McNeilly (2003). Assessment of salinity tolerance based upon seedling root growth response functions in maize (*Zea mays* L.). Euphytica 131 : 81 – 89.

Khatiwada, S.P. ; D. Senadhira ; A.L. Carpena ; R.S. Zeigler and P.G. Femande 3 (1996). Variability and genetics of tolerance for aluminum toxicity in rice. Theor. Appl. Genet. 93 : 738 – 744.

Khorommbi, N.G.R. and C.F. Reinhardt (2002). Factors influencing the tolerance of maize to atrazine and terbuthylazine applied postemergence. South African Journal of Plant and Soil. 19 (1) : 8 – 11.

Kilen, T.C. and G.H. He (1992). Identification and inheritance of metribuzin tolerance in wild soybean. Crop Sci. 32 (3) : 684 – 685.

Kingsbury, R.W. and E. Epstein (1984) Selection for salt-resistant spring wheat, Crop Sci., 24, 310.

Kingsbury, R.W. ; E. Epstein and R.W. Pearcy (1984). Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. Plant Pysiol. 74, 417 – 423.

Kokurin, N.L. ; T.M. Udelnova and B.A. Yagodin (1990). Evolutionary and genetic aspects of trace element nutrition in crop plants. Mikroelementy v SSSR No. 31 : 86 – 97.

Kolkman, J.M. ; M.B. Slabaugh ; J.M. Bruniard ; S. Berry ; B.S. Bushman ; C. Olungu ; N. Maes ; G. Abratti ; A. Zambelli ; J.F. Miller ; A. Leon and S.T. Knapp (2004). Acetohydroxyacid synthese mutations canferring resistance to imidazolinone or sulfonylurea herbicide in sunflower. Theoretical and Applied Genetics. 109 (6) : 1147 – 1159.

Koubaili, S. and M. Abd El-Aziz (2005). The effect of salt stress on growth, productivity and mineral contents of some Syrian cotton varieties. Proceed 4th Pl. conf. March 5, 2005 (Ismailia) Egypt. J. Plant Breed. 9 (1) : 239 – 253. Special Issue.

Kuang – RuiBin ; L. Hong ; Y. Xiaolong and D. Yingshan (2005). Phosphorus and nitrogen interactions in field grown soybean as related to genetic attributes of root morphological and nodular traits. J. of Integrative Plant Biology 47 (5) : 549 – 559.

Kuk, Y.I. ; H.J. Lee ; J.S. Chung ; K.M. Kim. ; S.B. Lee ; S.B. Ha ; K. Back and J.O Guh (2005). Expression of a Bacillus subtilis protoporphyrinogen oxidase gene in rice plants reduces sensitivity to peroxidizaing herbicides. Biologia Plantarum 49 (4) : 577 – 583.

Kukreja, S. ; A.S. Nandwal,; A. Mann,; B. Kumar, ; C. Ram,; N. Kumar, and P. Sharma (2003). Changes in reactive oxygen scavenging system and protein profile (SDS-PAGE) in chickpea roots under saline conditions. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi P. 207.

Kumar, A.N.S. ; B.K. Singh ; G.C. Srivastava and B. Singh (2003 a). Root characteristics of wheat genotypes as related to zinc uptake. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi P. 373.

Kumar, N. ; A.L. Patel ; R.K. Pannu ; R. Kumar and A. Kumar (2003 b). Dry matter distribution under nutrient and moisture stressed winter wheat. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi P. 238.

ıcerenza, N.G. ; L. Cattivelli and N. Difonzo (1995). Expression of drought induced genes in durum wheat under stress in field conditions. J. Plant Physiol, 146 : 169 – 172.

Lafitte, H.R. and G.O. Edmeades (1995). Association between traits in tropical maize inbred lines and their hybrids under high and low soil nitrogen. Maydica 40 : 259 – 267.

Lafitte. H.R. and M. Banziger (1996). Maize population improvement for low soil N : selection gains and the identification of secondary traits. Proceed of a symposium developing drought and low – N tolerant maize. March 25 – 29, 1996, CIMMYT, El-Batan, Mexico, pp 485 – 489.

Lagos, M.B. ; M.I.M. Fernandes ; C.E.O. Camargo : L.C. Federizzi and F.I.F. de Carvalho (1991). Genetics and monosomic analysis of aluminum tolerance in wheat (*Triticum aestirum* L.). Rev. Brasil. Genet. 14 , 1011 – 1020.

Landon, J.R. (1984). Booker Tropical Soi Manual. A handbook for survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics. Booker Agriculture International Limited.

Lane, B.G. ; J.M. Dunwell ; J.A. Ray ; M.R. Schmitt and A.C. Cuming (1993). Germin, a protein marker of early plant development, is an oxalate oxidase. J. Biol Chem, 268 : 12239 – 12242.

Lau, T.S. ; E. Eno ; G. Goldstein ; C. Smith and D.A. Christopher (2006). Ambient levels of UV-B in Hawaii combined with nutrient deficiency decrease photosynthesis in near – isogenic maize lines varging in leaf flavonoids : Flavonoids decrease photoinhibition in plants exposed to UV-B. J. Articl, Photosynthetica, 394 – 403, Publisher Springer Netherlands dchr @ hawaii . edu.

Lauchli, A. (1987). Soil science in the next twenty five years. Does biotechnology play a role ? Soil Sci. Soc. Am. J. 51 : 1405 – 1408.

Lauchli, A. and E. Epstein, (1990). Plant Response to Saline and Sodic Conditions. In "Agricultural Salinity Assessment and Management " (K.K Tanji, ed.) ASCE Manual Prac. No. 71, pp. 113 – 137. Am. Soc. Civ. Eng., New York.

Lazar, M.D. ; S.D. Haley ; J.S. Quick ; J.J. Johnson ; G.L. Peterson ; J.A. Stromberger ; S.R. Clayshulte ; B.L. Clifford ; T.A. Pester ; S.J. Nissen ; P.H. Westra ; F.B. Peairs and J.B. Rudolph (2003). AP 502 CL. Winter wheat. Canadian J. of Plant Science. 83 (1) : 109 – 110.

Lazot D. and A. Lauchli, (1991). The putritional status of the apical meristem of *Lactuca sativa* as affected by NaCl salinization an electron-probe microanalytic study. Planta, 184 : 334 – 342.

Lee, G.L. ; H.R. Boerma ; M.R. Villagarcia ; X. Zhou ; Jr. T.E.Carter ; Z. Li and M.O. Gibbs (2004a). A major QTL conditioning salt tolerance in S-100 soybean and descendent cultivars. Theor. Appl. Genet. 109 : 1610 – 1619.

Lee, Y. ; S. Jung and K. Back (2004b). Expression of human protoporphyrinogen oxidase in transgenic rice induces both a photodynamic response and oxyfluorfen resistance. Pesticide Biochemistry and Physiology. 80 (2) : 65 – 74.

Leidi, E.O. and J.F. Saiz, (1997) Is salinity tolerance related to Na accumulation in Upland cotton (*Gossypium hirsutum*) seedlings ?. Plant and Soil, 190 (1) : 67 – 75.

Lerner, H.R. ; G.N. Arnzallag ; Y. Friedman and P. Gouloubinoff (1994). The response of plants to salinity : From turgor adjustments to genome modification. Isr J. Plant Sci, 42 : 285.

Levitt, J. (1980). Responses of plants to environmental stress. 2nd ed., Academic, New York.

Li, X.G. and D. Nicholl (2005). Development of PPO inhibitor-resistant cultures and crops. Pest Management Science. 61 (3) : 277 – 285.

Li, X.G. ; S.L. Volrath ; D.B.G.N. Choll ; C.E. Chilcoti ; M.A. Johnson ; E.R. Ward and M.D. Law (2003). Development of protoporphyrinogen oxidase as an efficient selection marker for *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation of maize. Plant Physiology. 133 (2) : 736 – 747.

Liao, M. ; I.R.P. Fillery and J.A. Palta (2002). Early vigor as a trait for improving N uptake by wheat. Abstracts, 12th Australasian Plant Breeding Conf., Perth, Western Australia, 15 – 20th September 2002, P. 172.

Lide, L. ; L. Hong ; Y. XiaoLong ; Z. Bingchang and D. Yingshan (2004). Genetic variability for root hair traits as related to phosphorus status in soybean. Plant and Soil 261 (1 / 2) : 77 – 84.

Lindsay, M. ; R. Munns ; E. Lagudah and R. Hare (2002). A QTL for sodium exclusion mapped in durum wheat. 12th Australasian Plant Breed. Conf., Perth. Western Australia 15 – 20th September 2002, p. 189.

Liu, Z. ; J.D. Hall and D.W. Mount (2001). *Arabidopsis UVH_3* gene is a homolog of the *Saccharomyces cerevisiae RAD_2* and human *XGP DNA* repair genes. Plant J. 26 : 329 – 338.

LiYuan ; Zu Yanqun , Chen Jianjun and Chen Haiyan (2002). Intraspecific responses in crop growth and yield of 20 soybean cultivars to enhanced ultraviolet- B-radiation under field conditions – Field Crops Res. 78 (1) : 1 – 8.

Long, J.K. ; M. Banziger and M.E. Smith (2004). Diallel analysis of grain iron and zink density in southern African – adapted maize inbreds. Crop Sci. 44 : 2019 – 2026.

Lorenz, O. A. and D. N. Maynard (1980) . Knott's handbook for vegetable Growers.2nd Ed. Wiley, New York .

Lutts, S. (2003). Salt stress effects on sugar metabolism in rice (*Oryza sativa* L.). Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 151.

Maas, E.V. (1990). Crop Salt Tolerance. In " Agric. Salinity Assessment and Management "ASCE Manual Prac. No. 71, pp. 262 – 304.

Maas, E.V. and G.J. Hoffman (1977). Crop salt tolerance current assessment. J. Irrig & Drain Div ASCE 103 : 115 – 134.

Maas, E.V. ; S.M. Leseh ; L.E. Francois and C.M. Grieve (1996). Contribution of individual culms to yield of salt stressed wheat. Crop Sci. 36 : 142 – 149.

Madhulety, T.Y. and B. Jyotsna (2003). Callusing potential of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes Vis-à-vis osmotic potential and tissue ionic strength of Na^+, K^+, Na^+/K^+ ratio and Cl^- under salt stress. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 259.

Mahadevappa, M. ; H. Ikehashi and P. Aurin (1981). Screening rice genotypes for tolerance to alkalinity and zinc deficiency. Euphytica 30 : 253 – 257.

Mahmoud, A.A. ; A.H. Fayed ; M.A. Rashed and S.A.A. Heba (2005). Detection of molecular markers associated with iron deficiency in sorghum (*Sorghum bicolor* L.) using bulked segregant analysis. Zagazig J. Agric. Res. 32 (3) : 833 – 844.

Maiti, R.K. ; L.E.D. Amaya ; S.I. Cardona ; A.M.O. Dimas ; M. De La Rosa-Ibarra and H.D.L. Castillo (1996). Genotypic variability in maize cultivars (*Zea mays* L.) for resistance to drought and salinity. J. Plant Physiol 148 : 741 – 744.

Majumdar, N.D. ; S.C. Raksnit and D. N. Borthakur (1990). Genetic effect on uptake of selected nutrients in some rice (*O. sativa* L.) varieties in phosphorus deficient soils. Plant Soil 123 : 117 – 120.

Maliwal, G.L. and P.M. Sutaria (1992). Salt tolerance in wheat. Indian J. of Plant Physiol. 35 (3) : 258 – 261.

Mano, Y. and K. Takeda (1997a). Diallel analysis of salt tolerance at germination and the seedling stage in barley (*Hordeum vulgare* L.). Breeding Science. 47 : (3) 203 – 209.

Mano, Y. and K. Takeda (1997b). Mapping quantitative trait loci for salt tolerance at germination and the seeding stage in barley (*Hordeum vulgare* L.). Euphytica 94 (3) 263 – 272.

Manske, G.G.B. ; J.I. Ortiz-Monasterio ; R.M. van Ginkel ; S. Rajaram and P.L.G. Vlek(2002). Phosphorus use efficiency in tall, semi-dwarf and dwarf near-isogenic lines of spring wheat. Euphytica 125: 113– 114.

Mansour, M.M.F. (1994). Changes in growth, solute potential and cell permeability of wheat cultivars under NaCl, Biol Plant, 36: 429 – 434.

Mansour, M.M.F. and E.J. Stadelmann, (1994). NaCl. Induced changes in protoplasmic characteristics of *Hordeum vulgare* cultivars differing in salt tolerance. Physiol Plant, 91 : 389 – 394.

Mansour, M.M.F. and K.H.A. Salama, (1996). Comparative responses to salinity in wheat genotypes differing in salt tolerance. I. Seedling growth and mineral relations. Egyptian J. Phsiol. Sci. 20(1- 2):1 – 15.

Mansour, M.M.F. ; O.Y. Lee Stadelmann, and E.J. Stadelmann (1993). Salinity stress and cytoplasmic factors. A comparison of cell permeability and lipid partiality in salt resistant cultivars and lines of *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare*. Physiol Plant, 88: 141 – 148.

Mansour, M.M.F. ; P.R. Hasseit and P.J.C. Kuiper (1994). Plasma membrane lipid alterations / induced by NaCl in winter wheat roots. Physiol Plantrum 92 : 473 – 478.

Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Limited, London NW 17 DX.

Marshall, G. (1991). *In vitro* techniques for the selection of herbicide resistance. In : Herbicide Resistance in Weeds and Crops. Pp. 27 – 44 Butterworth-Heinmann, Oxford.

Martin, D.M. ; J.P. Worthington and E. Gray (1987). Soybean cultivar response to fluchloralin, metribuzin and vernolate. Weed Technology USA, 1 (4) : 282 – 285.

Marwede, V. ; A. Schierholt ; C. Mollers and H.C. Becker (2004). Genotype x environment interactions and heritability of tocopherol contents in canola. Crop Sci. 44 : 728 – 731.

Matola, T. ; I. Jablonkai ; D. Dixon ; I. Cummins and R. Edwards (2003). Structure of dichloromethyl-ketal safeners affects the expression of glutathione S-transferase isoforms. The BCPC International Congress Crop Science and Technology, vol. 1 and 2 Proceedings of an International Congress held at the SECC, Glasgow, Scotland. UK, 10 - 12 Nov. 2003. 819 – 824.

Mauseth, J.D. (2003). Botany, An Introduction to Plant Biology. Copyright by Jones and Bartlett Publisher, Inc.

May, M. ; G. Champion ; M. Lainsbury ; P. Lutman and J. Sweet (2005). BRIGHT sugar beet. British Sugar Beet Review 73 (2) : 18, 20 – 23.

Mazza, C.A. ; D. Battista ; A.M. Zima ; M.S. Zwarcberg-Bracchitta ; C.V. Giordano ; A. Acovedo ; A.L. Scopel and C.L. Ballare (1999). The effects of solar ultraviolet – B-radiation on the growth and yield

of barley are accompanied by increased DNA damage and antioxidant responses. Plant, Cell & Environment 25 (1) : 61 – 70.

McCarthy, K.W. ; N. Longnecker ; D.H.B. Sparrow and R.D. Graham (1988). Inheritance of Manganese Efficiency in Barley. In : **M.J. Webb ; R.O. Nable ; R.D. Graham and R.J. Hannam** (eds), Int. Symp. Manganese in Soil and Plants. Manganese Symposium Inc. Adelaide, 121 – 122.

McCaslin, M. and S. Fitzpatrick (2000). Roundup Ready alfalfa. Proceedings / Reports of the American Forage and Grassland Council, 37 th. North American Alfalfa Improvement Conference, Madison , Wisconsin, July 16 – 19, 2000, 396 – 400.

McCoy, T.J. (1987). Characterization of alfalfa (*Medicago sative* L.) plants regenerated from selected Nacl tolerant cell lines. Plant Cell Rep. 6 : 31 – 34.

McLachlan, K.D. (1980). Acid phosphatase activity of intact roots and phosphorus nutrition in plants. II : Variations among wheat roots. Aust. J. Agric. Res. 31 : 441 – 448.

Melchiorre, M.N. ; H.R. Lascano and V.S. Trippi (2002). Transgenic wheat plants resistant to herbicide BASTA obtained by microprojectile bombardment. Bio Cell. 26 (2) : 217 – 224.

Mengel, K. and E.A. Kirkby (1982). Principles of plant nutrition. 3rd ed. International Potsh Institute, Bern.

Metternicht, G.I. and J.A. Zinck (2003). Remote sensing of soil salinity . potential and constraints. Remote Sensing Environ. 85 : 1 – 20.

Miki, B.L. ; H. Labbe ; J. Hattori ; T. Ouellet ; J. Gabard ; G. Sunohara ; P.J. Charest and V.N. Iyer (1990). Transformation of *Brassica napus* canola cultivars with *Arabidopsis thaliana* acetohydroxy-acid synthase genes and analysis of herbicide resistance. Theor Appl Genet 80 : 449 – 458.

Minella, E. and M.E. Sorrells(1992). Aluminum tolerance in barley: genetic relationships among genotypes of diverse origin. Crop Sci. 32: 593–598.

Mondal, S. and D. Pal (2003). Nitrogen uptake efficiency in relation to root CEC of hybrid rice and their parents. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan.8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 384.

Moody, D.B. ; A.J. Rathjin ; B. Cartright ; J.G. Paull and J. Lewis (1988). Genetic diversity and geographical distribution of tolerance to high levels of soil boron. pp. 859 – 865. In : T.E. Miller and R.M. Koebner (eds.). Proc. 7th Int. Wheat Genetics Symp. Cambridge, U.K.

Moons, A. ; G. Bauw ; E. Primsem ; M.V. momtagu and D.V.D. Straeten (1995). Molecular and physiological responses to abscisic acid and

salts in roots of salt sensitive and salt tolerant Indica rice varieties. Plant Physiol, 107 : 177 - 186.

Morgan, J.M. (1995). Growth and yield of wheat lines differing in osmoregulative capacity at high soil water deficit in seasons of varying evaporative demands. Field Crops Res. 40, 143 – 152.

Morgan, J.M. ; R.A. Hara and R.J. Flitcher (1986). Genetic variation in osmoregulation in bread and durum wheats and its relationship to grain yield of field environments. Aust. J. Agric. Res. 37 : 61 – 70.

Morishima, H. (1978). The inheritance of copper tolerance in a hybrid population of rice. Plant Soil 16 : 263 – 265.

Moroni, J.S. ; M. Conyers ; B.J. Scott ; N. Wratten ; R. Fisher ; G. Poile and Ray Cowley (2002 a). Selection of rapeseed(*Brassica napus* L.) germplasm resistant to manganese toxicity. Abstracts, 12th Australasian Plant Breeding Conf., Perth, Western Australia, 15 – 20th September 2002, p 85.

Moroni, J.S. ; K. Sato ; B.J. Scott ; B.J. Root ; M. Conyers ; R. Cowley ; R. Fisher and G. Poile (2002 b). New and exotic barley germplasm resistant to acidic soil. Abstracts, 12th Australasian Plant Breeding Conf., Perth, Western Australia 15 – 20th September, 2002 P. 192.

Moulay, B. (2004). The physiological response of faba bean (*Vicia faba* L.) to the salinity. A study of the plant transpiration. Egypt. J. Appl. Sci. 19 (6) : 26 – 34.

Moustafa, E.S.A. (2006). Gene action and stability of Egyptian cotton yield (*Gossypium barbadense* L.) under Wady Suder conditions. Ph. D. Thesis, Fac. of Agric., Zagazig Univ., Egypt.

Mukherjee, K. ; A. Roychaudhury and D.N. Sengupta (2003). Expression of abscisic acid responsive element. Binding proteins in salt sensitive and salt tolerance rice cultivars. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 237.

Mullison, W.R. ; R.W. Bovey ; A.P. Burhalter ; T.D. Burkhalter ; H.M. Hull ; D.L. Sutton and R.E. Talbert (1979). Herbicide Handbook. Weed Sci. Soc. of America, 4th ed. Champaign IL.

Murakami, T. ; S. Matsuba ; H. Funatsuki ; K. Kawguchi ; H. Saruyama ; M. Tanida and Y. Sato (2004). Over-expression of a small heat shock protein, sHSP 17.7, confers both heat tolerance and UV-B resistance to rice plants. Molecular Breeding 13 (2) : 165 – 175.

Muramoto, S. (1989). Heavy metal tolerance in rice plants (*Oryza sativa* L.) to some metal oxides at the critical levels. J. Environ. Sci. and Health (Part B) : Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes B 24 : 559 - 568.

Nabors, M.W. (1983). Increasing salt and drought tolerance of crop plants, in Current Topics in Plant Biochemistry and Physiology. Vol. 2, Randall

D. D. Blevins, D. G. and Larson, R. L. Eds., University of Missouri, Columbia, 165.

Nakajima, S. ; M. Sugiyama ; S. Iwai ; K. Hitomi ; E. Otoshi ; S.T. Kim ; C.Z. Jiang ; T. Todo ; A.B. Britt and K. Yamamoto (1998). Cloning and characterization of a gene (*UVR3*) required for photorepair of 6 – 4 photoproducts in *Arabidopsis thaliana*. Nucleic Acids Res 25 : 764 – 768.

Narasimhan, M. ; M.L. Binzel ; E. Peroz-Prat ; Z. Chen ; D.E. Nelson ; N.K. Singh ; R.A. Bressan and P.M. Hasegawa (1991). NaCl regulation of tonoplast ATPase 70-kilodalton subunit mRNA in tobacco cells. Plant Physicl, 97 : 562 – 568.

Nassib, A.M. ; E.E. Hassanein and A.H.A. Hussein (1990). Broomrape control in faba (*Vicia faba* L.) with reduced rates of glyphosate mixed with three adjuvants. Ann. Agric. Sci. Moshtohor 28 (1): 17– 25.

Netondo, G.W. ; J.C. Onyango and E. Beck (2004a). Sorghum and salinity : I. Response of growth, water relations and ion accumulation to NaCl salinity. Crop Sci. 44 : 797 – 805.

Netondo, G.W. ; J.C. Onyango and E. Beck (2004b). Sorghum and salinity : II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress . Crop Sci. 44 : 806 – 811.

Nigem, S.A. ; A.A. El-Khawaha ; E.T. Kishk and A. Ibraheem (1996). Estimation of some characters related to salt tolerance in wheat. Ph.D. Thesis. Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Zagazig University.

Ninamango-Cardenas, F.E. ; C.T. Guimaraes ; P.R. Martins ; S.N. Parentoni ; N.P. Carneiro ; M.A. Lopes ; J.R. Moro and E. Paiva (2003). Mapping QTLs for aluminum tolerance in maize. Euphytica 130 : 223 – 232.

Niu, X. ; R.A. Bressan ; P.M. Hasegawa and J.M. Pardo (1995). Ion homeostasis in NaCl stress environments. Plant Physiol. 109 : 735 – 742.

Nordquist, P.T. ; G.W. Hergert ; B.A. Skates ; W.A. Compton and J.P. Markwell (1992). Phenotypic expression of different maize hybrid genotypes grown on saline-sodic soil. Journal of Plant Nutrition(USA). V. 15 (10) : 2137 – 2144.

Norlyn, J.D. (1981). Breeding salt tolerant crop plants. In : Genetic Engineering of Osmoregulation; Impact on Plant Productivity for Food. Chemical and Energy. Rains, D. W., Valentine, R. C. and Hollaender, A., Eds., Plenum Press, New York. 381.

Norsworthy, J.K. (2004). Tolerance of a glyphosate – resistant soybean to late – season glyphosate applications. Weed Technology. 18 (2) : 454 – 457.

Ohad, N. and J. Hirschberg (1990). A similar structure of the herbicide binding site in photosystem II of plants and cyanobacteria is demonstrated by site specific mutagenesis of the *psbA* gene. Photosynthesis Research 23 : 73 – 9.

Olmos, I.L.J. and M.N. Camargo (1976). Aluminum toxicity in Brazilian soils : characterization and distribution. Ciencia e Cultura 28 : 171 – 180.

O'Sullivan, J. ; R.J. Thomas and P.Sikkema (2001). Sweet corn (*Zea mays*) cultivar sensitivity to RPA 201772. Weed Technotogy. 15 (2) : 332 – 336.

Oushy, H.S. ; O. Niemelainen ; M.A. El-Nabrawy and I.A. Hanna (1999). Seasonal variation in performance of alfalfa genotypes under sandy soil condition. I. Yield and yield components. Proceed. 1st Pl. Breed. Conf. December 4, 1999 Giza. Egypt. J. Plant Breed. 3 : 281 – 296.

Oxtoby, E. and M.A. Hughes (1989). Breeding for herbicide resistance using molecular and cellular techniques. Euphytica 40 : 173 – 80.

Ozawa, K. and H. Kawahigashi (2006). Positional cloning of the nitrite reductase gene associated with good growth and regeneration ability of calli and establishment of a new selection system for Agrobacterium-Mediated transformation in Rice (*Oryza sativa* L.). Plant Science. 170 (2) : 384 – 393.

Padgette, S.R. ; D.B. Re ; G.F. Barry ; D.E. Eicholtz ; X. Delannay ; R.L. Fuchs ; G.M. Kishore and R.T. Fraley (1996). New weed control opportunities : Development of soybeans with a roundup ready gene. In : Herbicide Resistant Crops : Agricultural, Environmental, Regulatory and Technical Aspects. PP. 53 – 84. CRC Press Lewis Publishers, Boco Raton.

Pallotta, M.A. ; R.D. Graham ; P. Langridye ; D.H.B. Sparrow and S.J. Barker (2000). RFLP mapping of manganese efficiency in barley. Theor. Appl. Genet. 101 : 1100 – 1108.

Palta, J.A. ; N.C. Turner and R.J. French (2002). Genotypic variation in the response of narrow leafed lupine to nitrogen supply. 12th Australasian Plant Breeding Conf. Perth, Western Australia 15 – 20th September 2002 P. 174.

Pandey, R. and B. Singh (2003). Phosphorus (P^{32}) uptake and acid phesphatase activity of three cereal species under phosphorus stress. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 405.

Pant, R.C. (2003). Iron acquisition in higher plants. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 360.

Panwar, S.M. ; R.C. Patil ; M.B. Jadhav ; K.M. Gawari ; V.P. Bhalerao and P.G. Bhol (2003). Studies on performance and mechanism of salt tolerance in different sugarcane genotypes. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 189.

Pareek, A. ; S.L. Singla and A. Grovw (1997). Salt responsive proteins / genes in crop plants. In : Jaiwal, P.K. ; R.P. Singh and A. Gulati. Strategies for improving salt tolerance in higher plants. Science of Publisher Inc. USA.

Pareek, S.L.S. ; M.K. Reddy and S.K. Sopory (2003). Manipulation of glyoxalase pathway leads to salinity tolerance in transgenic tobacco. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 454.

Parihar, S.K.S. and T.P. Singh (2003). Effect of saline water irrigation on germination, seed yield, chlorophyll content and sodium / potassium ratio in wheat. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 177.

Pauk, I. ; R. Mihaly ; A. Meszaros ; G. Schwarz and R. Hansch (2000). Transformation of foreign gene and sexual transfer of transgene in wheat. Use of agriculturally important genes in biotechnology Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop, Szeged, Hungary, 17 – 21 October, p. 112 – 116.

Paull, J.G. ; R.O. Nable and A.J. Rathjin (1992). Physiological genetic control of the tolerance of wheat to high concentrations of boron and implications of plant breeding. Plant Soil 146 : 251 – 260.

Perby, H. and P. Jensen (1987). Vegetative adaptation to nitrogen stress regimes in two barley cultivars with different N requirement. PP. 361 – 367. In : **W.H. Gabelman and B.C. Loughman** (eds.). Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition. Dordrecht, Netherlands ; Martinus Nijhoff.

Perez-Prat, E. ; M.L. Narasimhan ; X. Niu ; M.A. Botella ; R.A. Bressan ; V. Valpuesta ; P.M. Hasegawa and M.L. Bnizel (1994). Growth cycle stage-dependent NaCl induction of plasma membrane H^+-ATPase mRNA accumulation in de-adapted tobacco cells. Plant Cell Environ, 17 : 327 – 333.

Picon-Rubio,-Luis and J.L. Rodriguez-Ontiveros (1990). Physiological behaviour of maize and sorghum in field and green house, under irrigation and drought. Agrociencia (Mexico). Serie Fitociencia. 1 (2) : 95 – 119.

Pirayvatlou, A.S. and A. Saidi (2002). Genotype environment interaction and stability of yield and physiological response to water limited environments in bread wheat. Abstracts : 12th Australasian Plant

Breed. Conf., Perth, Western Australia, 15 – 20th September 2002, P. 229.

Pitman, M.G. (1984). Transport across the root and shoot / root interactions. In R.C. Staples and G.H. Toenniesson, Salinity Tolerance In Plants. Strategies for Crop Improvement. John Wiley and Sons, PP 93 – 123.

Pitman, M.G. and H.D.W. Saddler (1967). Active sodium and potassium transport in cells of barley roots. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 57, 44.

Plant, A.L. ; A. Cohen ; M.S. Moses and E.A. Bray (1991). Nucleotide sequence and spatial expression pattern of a drought and abscisic acid-induced gene of tomato. Plant Physiol, 97 : 900 – 906.

Poljakoff-Mayber, A. and H.R. Lerner (1999). Plants in Saline Environments in Handbook of Plant and Crop Stress, 2nd Edition (Pessarakli, M, ed). Marcel Dekker Inc. New York.

Pornprom, T. ; J. Chompoo and B. Grace (2003). Glufosinate tolerance in hybrid corn varieties based on decreasing ammonia accumulation. Weed – Biology and Management. 3 (1) : 41 – 45.

Poschendieder, C. ; B. Gunse and J. Barcelo (1989). Influence of cadmium on water relations, stomatal resistance, and abscisic acid content in expanding bean leaves. Pl. Physiol. 90 : 1365 – 1371.

Pozniak, C.J. ; and P.J. Hucl (2004). Genetic analysis of imidazolinone resistance in mutation-derived lines of common wheat. Crop Science. 44 (1) : 23 – 30.

Pozniak, C.J. ; I.T. Birk ; L.S.O. Donoughue ; C. Menard ; P.J. Hucl and B.K. Singh (2004). Physiological and molecular characterization of mutation – derived imidazolinone resistance in spring wheat. Crop Sci. 44 : 1434 – 1443.

Prammanee, S. (2004). Cellular and molecular basis of salt tolerance in sugarcane. Proc. Interl. Symp. on Sustainable Sugarcane & Sugar Production Technol, Nanning, P.R. China PP 327 – 330.

Pratt, P.F. (1972). Quality Criteria for Trace Elements in Irrigation Water. Calif. Agric. Expt. Sta. p. 46

Presterl, T. ; G. Seitz ; M. Landbeck ; E.M. Thiemt ; W. Schmidt and H. H. Geiger (2003). Improving nitrogen use efficiency in European maize : estimation of quantitative genetic parameters. Crop Sci. 43 (4) : 1259 – 1265.

Qi-Zhi ; **M. Yue ; X. Wang ; Z. Qi and X.L. Wang (2000).** Laser pretreatment protects cells of broad bean from UV-B radiation damage. J. of Photochemistry and Photobiology- B, B,-Biology 59 (1 – 3) : 33 – 37.

Quisenberry, J.E. (1979). Breeding for drought resistance and plant water use efficiency. In. H. Mussel and R.C. Staples (Eds). " Stess Physiology in Crop plants " pp. 193 – 212. John Wiley & Sons, N.Y.

Rabideaux, G.S. W.G. Whaley and C. Heimsen (1950). The absorption and distribution of radioactive phosphorus in two maize inbreds and their hybrid. Am. J. Bot. 37 : 93 – 99.

Radwan, M.S. ; S.E. El-Kalla ; M.S. Sultan and M.A. Abd El-Moneam (2001). Differential response of maize hybrids to nitrogen fertilization. The second Pl. Breed. Conf. October 2 , 2001, 121 – 137.

Radwan, M.S. ; S.A. Shrief and A.A. Ali E.M. Habib (2003). Differential response of maize single cross hybrids to moderate N-fertility. Egypt. J. Plant Breed. 7 (1) : 607 – 620.

Raghuram, N. and S.K. Sopory (1995). Light regulation of nitrate reductase gene expression mechanism and signal response coupling. Physiol Mol Biol Plants, 1 : 103 – 114.

Rainbolt, C.R. ; D.C. Thill ; R.S. Zemetra and D.L. Shaner (2005). Imidazolinone-resistant wheat acetolactate synthase in vivo response to imazamox. Weed Technology. 19 (3) : 539 – 548.

Rains, D.W. ; S.S. Croughan and T.P. Croughan (1986). Isolation and characterization of mutant cell lines and plants : salt tolerance. In Cell Culture and Somatic Cell Genetics of Plants. Vol 3 (Ed. Vasil, IK) Academic Press, Ortando, FL, pp 537 – 547.

Raiz, A. ; M.S. Swati ; R. Hidayat ; R. Ahmed and M. Imtiaz (1998). Effect of different salinity levels on emergence and early seedling growth of wheat genotypes. Sarhad J. Agric. 14 (4) : 321 – 326.

Rajguru, S.N. ; N.R. Burgos ; V.K. Shivrain and J.M. Stewart (2005). Mutations in the red rice *ALS* gene associated with resistance to imazethapyr. Weed Science. 53 (5) : 56 - 70.

Ralph, W. (1992). Boron problems in the southern wheat belt. Rural Research No. 153 : 4 – 8.

Ramage, R.T. (1980). Genetic methods to breed salt tolerance in plants. In Genetic Engineering of Osmoregulation. Impact on Plant Productivity for Food. Chemicals and Energy..(Eds. Rains DW, Valentine RC and Hollaender A) Plenum Press. New York, pp 311 – 318.

Ramagopal, S. (1987). Differential mRNA transcription during salinity stress in barley. Proc Natl Acad Sci USA, 84 : 94 – 98.

Ramagopal, S. (1988). Sodium chloride effects on dedifferentiation and protein synthesis. In root meristem cultures of two contrasting barley genotypes. J. Plant Physiol. 132 : 245 – 250.

Ramulu, C.A. (2001). Herbicide resistance in soybean cell suspension cultures. J. of Phytological Research. 14 (2) : 211 – 214.

Rao, S.A. and T. McNeilly (1999). Genetic basis of variation for salinity tolerance in maize (*Zea mays* L.). Euphytica 108 : 145 – 150.

Read, M. and J.G. Ball (1999). The development of glufosinate ammonium for use in genetically modified crops of winter and spring oilseed rape

in northern Britain. Proc. Crop Protect. Northern Britain. pp. 115 – 120.

Reda, M.A. ; E.A. Basyouny ; Sh.E.B. Ibrahim and S.A.I. Eisa (2003). The role of proline and organic manure in plant salt tolerance. Egypt. J. Appl. Sci. 18 (2) : 392 – 406.

Reid, D.A. (1971). Genetic control of reaction to aluminum in winter barley. In : **R.A. Nilan** (Ed.). Barley Genetics II. Proc 2nd Int. Barley Genet Symp, pp 409 – 413. Washington State University Press, Pullman.

Rengel, Z. (1992). The role of calcium in salt toxicity. Plant Cell Environ, 15 : 625 – 632.

Rezai, A.M. and G. Saeidi (2005). Genetic analysis of salt tolerance in early growth stages of rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. Indian J. Genet. 65 (4) : 269 – 273.

Rhoades J.D. (1990). Overview. Diagnosis of salinity problems and selection of control practices. In K.K. Tanji (ed.), Agricultural Salinity Assessment and Management. ASCE Manual and Reports on Engineering Practico, 71 : 18 – 41.

Rhodes, D. and P.J. Rich (1987). Genetics of glycine betaine deficiency in *Zea mays*. Plant physiol., 83 (4 Suppl.) : 7.

Rhue, R.D. and C.O. Grogan (1977). Screening cotton for aluminum tolerance using different Ca and Mg concentrations. Agron. J. 69 : 755 – 760.

Richards, R.A. (1992). Increasing salinity tolerance of grain crops : is it worth while ? Plant and Soil, 146 : 89 – 98.

Riede, C.R. and J.A. Anderson (1996). Linkage of RFLP markers to an aluminum tolerance gene in wheat. Crop Sci. 36 : 905 – 909.

Rieger, M.A. ; C. Preston and S.B. Powles (1999). Risks of gene flow from transgenic herbicide – resistant canola (*Brassica napus*) to weedly relatives in southern Australian cropping systems. Aust. J. Agr. Res 50 : 115 – 128.

Rios, R.D. ; H. Saione ; C. Robredo ; A. Acevedo ; N. Colombo and A.R. Prina (2003). Isolation and molecular characterization of atrazine tolerant barley mutants. Theoretical and Applied Genetics. 106 (4) : 696 – 702.

Rivelli, A.R. ; R.A. James ; R. Muns and A.G. Condon (2002). Effect of salinity on water relation and growth of wheat genotypes with contrasting sodium uptake. Funct. Plant Biol. 29 : 1065 – 1074.

Rosca, I.I. (2004). Impact of genetically modified herbicide resistant maize on the arthropod fauna. Bulletin OILB / SROP. 27 (3) : 143 – 146.

Sabry, S.R.S. ; O.M. Abd El-Fatah ; M.A.M.M. Aly and H.M.M. Elgharbawy (2006). Evaluation of salinity tolerance of R_4 wheat

(*Triticum aestivum* L.) regenfrant lines developed under different salinity levels. J. Agric. Sci. Mansoura Univ., 31 (7) : 4119 – 4129.

Sadek, J.G. (2006). Improving wheet productivity by some micronutrients fertilization. Egypt. J. of Appl. Sci. 21 (11) : 347 – 365.

Sairam, R.K. ; K.V. Rao ; G.C. Srivasrava and R.C. Meena (2003). Physiology and biochemistry of salinity-stress tolerance in wheat genotypes. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 260.

Sale, P.W.G. and L.C. Campbell (1987). Differential response to K deficiency among soybean cultivars. Plant Soil **104** : 183 – 190.

Salem, A.H. ; H.A. Awaad ; A.I.A. Hassan and E.S.A. Moustafa (2006). Genetic analysis of yield, yield components and some chemical constituents in six Egyptian cotton crosses. Zagazig J. Agric. Res. 33 (1) : 1 – 26.

Salib, A.G. ; M.A. Doheim ; M.A. Ghozlan and A.I. El-Sayed (2003). Studies on protein, proline and carbohydrate relation to plant tolerance. Zagazig J. Agric. Res. 30 (2) : 507 – 517.

Sallam, H.A. and S.A.N. Afiah (1998). Evaluation and screening some wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in relation to chemical constituents under saline conditions. Proc. 8th Conf. Agron. Suez Canal. Univ., Ismailia, Egypt, 28 – 29 Nov. 1998 P. 1 – 18.

Sandhu, S.S. ; C.R. Bastos ; L.E. Azini ; A.J. Neto and C. Colombo (2002). RAPD analysis of herbicide – resistant Brasilian rice lines produced via mutagenesis. Genetics and Molecular Research. 1 (4) : 359 – 370.

Sastry, E.V.D. and L.S. Dhayal (2003). Effect of salinity on the genetics of plant nutrients uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.). Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 402.

Sato, T. and T. Kumagai (1997). Role of UV-B absorbing compound in genetic differences in the resistance to UV-B radiation in rice plants. Breed. Sci. 47 : 21 – 26.

Sato, T. ; T. Ueda ; Y. Fukuta ; T. Kumagai and M. Yano (2003). Mapping of quantitative trait loci associated with ultraviolet-B resistance in rice (*Oryza sativa* L.). Theoretical and Applied Genetics. 107 (6) : 1003 – 1008.

Saxena, C.M. and Y.V.S. Rao (2003). Spectral and thermal characteristics of maize as a measure of N-deficiency. Abstr. : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 410.

Sayed-Ahmed, M. ; S.A.A. Soliman and A.F. Abd El-Maksoud (1999). A genetic approach to study some mineral contents in rice grains under salt and drought conditions. Zagazig J. Res. 26 (6) : 1609 – 1623.

Scherder, E.F. ; R.E. Talbert and S.D. Clark (2004). Rice (*Oryza sativa*) cultivar tolerance to clomazone. Weed Technology. 18 (1) : 140 – 144.

Schonfeld, M.A. ; R.C. Johnson :B.F. Carver and D.W. Mornhinweg(1988). Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Sci. 28 : 536 – 541.

Schunmann, P.H.D. ; A.E. Richardson ; C.E. Vickers and E. Delhaize (2004). Promoter analysis of the barley Pht1 ; 1 phosphate transporter gene identifies regions controlling root expression and rosponsiveness to phosphate deprivation. Plant Physiology 136 (4) : 4205 – 4214.

Selezneva, E.M. ; E. Ya-Zyablitskaya and L.I. Goncharova (2002). Ability of barley varieties differing in ultraviolet-B sensitivity to recover and adapt. Russian Agric. Science. (11) : 11 – 14.

Senior, I.J. and A.D. Bavage (2003). Comparison of genetically modified and conventionally derived herbicide tolerance in oilseed rape : A case study. Euphytica 132 : 217 – 226.

Setia, R.C. ; J. Kaila and C.P. Malik (1988). Effects of $NiCl_2$ toxicity on stem growth and ear development in *Triticum aestivum* L. Phytomorphology 38 : 21 – 27.

Shaheen, R. and R.C. Hood-Nowotny (2005). Carbon isotope discrimination : potential for screening salinity tolerance in rice at the seedling stage using hydroponics. Plant Breeding 124 : 220 – 224.

Shakour, Alia A. ; M.A. Hassanien and Asmaa Mekawy (2006). Environmental pollution in south Cairo, Egypt. J. of Appl. Sci. 21 (11 B) : 756 – 771.

Shankhdhar, D. ; S.C. Shankhdhar and R.C. Pant (2003). Somatic embryogenesis and plant regeneration under saline conditions in Indica rice (*Oryza sativa* L.). Abstr. : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 195.

Shannon, M.C. and C.L. Noble (1990). Genetic approaches for developing economic salt tolerant crops. In Agricultural Salinity Assessment and Management. (Ed. Tanji K.K.) ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice no. 71, ACSE, New York, pp 161 – 185.

Sharaan, A.N. and K.H. Ghallab (2002). Selection in canola (*Brassica napus* L.) germplasm under conditions of newly reclaimed land. 1. variability and genetic parameters in the base lines. Egypt. J. Plant Breed. 6 (2) : 1 – 13.

Sharma, S.K. (1995). Effects of salinity on growth performance and internal distribution of Na^{-} , K^{+} and Cl^{-} in *Vicia faba* L. Indian J. of Plant Physiology 38 (1) : 69 – 72.

Sharma, A.K. ; P.C. Srivastava and B.N. Johri (1994) Contribution of VA mycorrhiza to zink uptake in plants. pp. III – 123. In : J.A. Manthey, D.E. Crowley, and D.G. Luster (eds.), Biochemistry of Metal Micronutrients in the Rhizosphere. Lewis Publishers, Boca laaton, FL.

Sharmila, P. and P.P. Saradhi (2003). Potential application of metabolic engineering for manipulating compatible solute production to enhance tolerance of crop plants to osmotic stress. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology. Jan.8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 451.

Shea, P.F. ; W.H. Gabelman and G.C. Gerloff (1967). The inheritance of efficiency in potassium utilization in snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 91 : 286 – 293.

Shehata, S.M. (2004). Line x testers analysis of combining ability under salinity and drought conditions in rice (*Oryza sativa* L.). Egyptian J. of Agric. Res. 82 (1) : 119 – 138.

Sherif, M.A. ; T.R. El-Beshbeshy and C. Riehter (1998). Response of some Egyptian varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) to salt stress through potassium application. Bull Fac. Agric., Cairo Univ. 49 (1) : 129-151

Shimizu, T.; S. Akada; M. Senda; R. Ishikawa; T. Harada ; M. Niizeki and S. K. Dube (1999). Enhanced expression of different inducibility of soybean chalcone synthase genes by supplemental UV- B in dark grown seedlings.Plant Molecular Biology 3 9 (4) : 785 – 795.

Shukla, P.K. ; S.C. Mani and R.C. Pant (2003). Genotypic differnces in nutrient status of rice (*Oryza sativa* L.) under different nutrient doses. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology. Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 381.

Siddiqi, M.Y. and A.D.M. Glass (1981). Utilization index : a modify approach to the estimation and comparison of nutrient utilizated efficiency in plants. J. Plant Nutr. 4, 289 – 302.

Sidhu, R.S. ; B.G. Hammond ; R.L. Fuchs ; J.N. Mutz ; L.R. Holden ; B. George and T. Olson (2000). Glyphosate-tolerant corn : the composition and feeding value of grain from glyphosate-tolerant corn is equivalent to that of conventional corn (*Zea mays* L.). J. of Agric. and Food Chemistry. 48 (6) : 2305 – 2312.

Singh, A.L. (2003). Identification of P – efficient groundnut genotypes. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology. Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 365.

Singh, B.D. (2004). Plant Breeding , Principles and Methods. Kalyani Publishers, New Delhi, India.

Singh, P. (2001). Essentials of Plant Breeding. Kalyan ; Publishers, New Delhi, India.

Singh, U. (1985). A crop growth model for predicting corn (*Zea mays* L.) performance in the tropics. Ph.D., Thesis University of Hawaii.

Singh, B.N. and R.P. Singh (1984). Tolerance for iron deficiency in rice. Int. Rice Res. Newsl. 9 (6) : 8 – 9.

Singh, K.N. and R.S. Rana (1985). Genetic variability and character associated in wheat varieties grown on sodic soil. Indian J. Agric. Sci. 55, 723 - 726.

Singh, S.P. and D.T. Westermann (2002). A single dominant gene controlling resistance to soil zinc deficiency in common bean. Crop Sci. 42 : 1071 – 1074.

Singh, N. ; A.K. Singh and R.C. Pant (2003a). Studies on uptake and distribution of iron in sugarcan (*Saccharum officinarum* L.) plants. Abstr. 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan 8 - 12, 2003, New Delhi, India p. 384.

Singh, R.A. ; A.P. Singh ; N.K. Roy and A.K. Singh(2003b). Physiology of iron efficient / inefficient chickpea genotypes in calciorthent soil. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology. Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 365.

Singh, B.K. ; J. Kumar ; S.S. Yadav ; N. Gary and B. Singh (2003c). Effects of salt stress on growth, nodulation, N_2 and carbon fixation of genetically direrse lines of chickpea. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology. Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 175.

Singh, D.K. ; K.P. Singh and M. Pal (2003d). Antioxident enzymes activity and salt tolerance in rice cultivars. Abstr. 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan 8 – 12, 2003, New Delhi, India p. 260.

Singh, A.K. ; R.A. Singh and N.K. Roy (2003e). Physiological basis of salt tolerance in germinating chickpea seeds. Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology. Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 166.

Snape, J.W. ; W.J. Angus ; B.B. Parker and D. Leckie (1987). The chromosomal locations in wheat of genes conferring differential response to the wild oat herbicide Difenzoquat. J. Agric. Sci. 108 : 543 – 548.

Snyman, S.J. and N.B. Leibbrandt (2003). Evaluation of transgenic herbicide (*glufosinate ammonium*) resistant sugarcane (*Saccharum* spp. Hybrids) under field conditions. Plant biotechnology and beyond proceedings of the 10th . IAPTC and B- Congress, Orlando, Florida, USA, 23 – 28. June 2002. 151 – 152.

Sohail-Ahmed ; R.M. Wilkins ; D. Mantle and M.N. Begum (2005). Intracellular proteases and resistance in plants. Inernational J. of Agric. and Biology. 7 (1) : 30 – 34.

Soliman, S.S.A. ; M.S. Eisa ; T.A. Ismail ; A. Nadia, Naguib and F. Azza, El-Sayed (2003). Induction of salt tolerance mutants in faba bean (*Vicia faba* L.) 1. Promising line mutants under saline and normal soil conditions. Zagazig J. Agric. Res. 30 (1) : 213 – 229.

Soltali, N. ; P.H. Sikkema and D.E. Robinson (2005). Sweet corn hybrid responses to thifensulfuron-methyl. HortScience 40 (5) : 1381 – 1383.

Somers, D.J. ; K.G. Briggs and J.P. Gustafson (1996). Aluminum stress and protein synthesis in near isogenic lines of *Triticum aestivum* differing in aluminum tolerance. Physiol. Plant. 97 : 694 – 700.

Sparrow, D.H.B. ; R.D. Graham ; J.S. Ascher and W.J. Davies (1983). Breeding barleys tolerant to manganese deficiency. PP. 66 – 70. In : **C.J. Driscoll** (ed.). Aust. Plant Breeding Conf., Adelaide, Australia ; Organizing Committee, Standing Committee on Agriculture.

Spear, S.N. ; C.J. Asher and D.C. Edwards (1978). Response of cassava, sunflower and maize to potassium concentration in solution. II : Potassium absorption and its relation to growth. Field Crops Res. 1 : 363 – 373.

Spehar, C.R. (1995). Genetic differences in the accumulation of mineral elements in seeds of tropical soybean (*Glycine max* L. *Merrill*). Pesqusia – Agropecuaria – Brasileira 30 : 89 – 94.

Spiertz, J.H.J. and J. Vos (1985). Grain growth of wheat and its limitation by carbohydrate and nitrogen supply. P. 129 – 141. In : **W. Oay and R.K. Atkin** (ed.) wheat growth and modelling. Plenum Press New York.

Spivakov, N.S. (1990). Genetic control and the nature of inheritance of the capacity of sorghum plants to assimilate phosphates not readily accessible. Doklady Vsesoyuznoi Ordena Linina I Ordena Trudovogo Krasnogo Znameni Akademii Sel skokozyaiztivennykh Nauk (Moskva) No. 4 : 52 – 57.

Srivastava, R.P. ; S.P. Singh ; K. Lal and S.B. Singh (2003). Quantitative and qualitative losses in different maturity groups of the sugarcane crop under salt affected soil. Abstracts : 2^{nd} International Cong. of Plant Physiology. Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 188.

Staples, R.C. and G.H. Toenniessen (1984). Salinity Tolerance In Plants. New York.

Stiborova, M. (1988). Cd^{2+} ions affect the quaternary structure of ribose- 1, 5-biphosphate carboxylase from barley leaves. Biochem. Physiol. Pflanzen 183 : 371 – 378.

Stiborova, M. ; M. Doubaravova and S. Leblova (1986). A comparative study of the effect of heavy metal ions in ribulos 1, 5-biphosphate

carboxlase and phosphoenol pyruvate carboxylase. Biochem. Physiol. Pflanzen 181 : 373 – 379.

Subbaiah, G.V. ; P.S. Rao and C.S. Rao (1995). Effect of graded levels of salinity of N, P and K uptake and K / Na ratio in eleven cotton cultivars. J. Potassium Res., 11 (2) : 176 – 184. (C. F. Plant Breed. Abst., 66 (9), 1996).

Subedi, K.D. ; C.B. Budhathoki and M. Subedi (1997). Variation in sterility among wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in response to boron deficiency in Nepal. Euphytica 95 : 21 – 26.

Sultana, S. ; M.A. Islam and R. Islam (2001). Genotypic variation for heading date, biomass and its components of wheat under water and phosphorus stress. Bangladesh J. of Training and Development. 14 (1 / 2) : 205 – 212.

Sumesh, K.V. ; M. Pal and M. Rai (2003). Physiological analysis of transgenic tobacco for salt tolerance Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 225.

Swanson, E.B. ; M.J. Herrgesell ; M. Arnolodo ; D.W. Sippell and R.S.C. Wong (1989). Microspore mutagenesis and selection : Canola plants with field tolerance to the imidazolinones.Theor Appl Genet 78:525–530.

Swanson, E.B. ; M.P. Coumans ; G.L. Brown ; J.D. Patel and W.D. Beversdorf (1988). The characterization of herbicide tolerant plants in *Brassica napus* L. after *in vitro* selection of microspores and protoplasts. Plant Cell Rep. 7 : 83 – 87.

Swantek, J.M. ; C.H. Sneller and L.R. Oliver (1998). Evaluation of soybean injury from sulfentrazone and inheritance of tolerance. Weed Sci. 46 : 271 – 277.

Syme, I.R. (1972). Features of high-yielding wheats grown at two seed rates and two nitrogen levels. Aust. J. Exp. Agric. An. Husb. 12 – 165.

Taiz, L. and A. Zeiger (Ed.) (1991). Plant Physiology. The Benjamin / Cummings. Publishing Co., Inc. Redwood City, California, USA.

Tang, Y. ; M.E. Sorrells ; L.V. Kochian and D.F. Garvin (2000). Identification of RFLP markers linked to the barley aluminum tolerance gene *Alp*. Crop Sci. 40 : 778 – 782.

Tao, Y.Z. ; R.G. Henzell ; D.R. Jordan ; D.G. Butler ; A.M. Kelly and A.M. McIntyre (2000). Identification of genomic regions associated with stay green in sorghum by testing RILS in multiple environments. Theor. Appl. Genet. 100 (8) : 1225 – 1232.

Tarczynski, M.C. ; R.G. Jensen and H.J. Bohnert (1993). Stress protection of transgenic tobacco by production of the osmolite, mannitol. Science, 259 : 109 – 117.

Taregyan, M.R. ; A.M. Mortimer ; P.D. Putwain and H.A. Collin (2001). Selection for resistance to the herbicide imazethapyr in somaclones of soybean. Weed Research Oxford. 41 (2) : 143 – 154.

Tattini, M. (1994). Ionic relations of aeroponically grown olive genotypes during salt stress. Plant Soil. 161 : 251 – 256.

Tayal, D. ; E. S. Srivastava and K.C. Bansal (2003). Development of transgenic Indian mustard for abiotic stress tlerance . Abstracts : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 479.

Tepe, M. and H. Harms (1995). Influence of abiotic stress on the GSH / GSSG system of plant cell cultures. Z. Pflan Zenernahrung und Bodenkunde, 158 (1) : 75 – 78.

Teranishi, M. ; Y.I. Wamatsu ; J. Hidema and T. Kumagai (2004). Uitraviolet-B sensitivities in Japanese lowland rice cultivars : cyclobutane pyrimidine dimer photolyase activity and gene mutation. Plant and Cell Physiology. 45 (12) : 1848 – 1856.

Thirumeni, S. ; M. Subramanian and K. Paramasivam (2000). Combining ability and gene action in rice under salinity. Tropical Agricultural Res. 12 : 375 – 385.

Tikhomirov, F.A. ; L.G. Magina and E.V. Kiseleva (1988). Effect (and residual effect) on plants of high copper and nickel concentrations in soil. Moscow Univ. Soil Sci. Bull. 43 : 24 – 27.

Trabine Jad, J. and M. M. Caldwell (2000). Inheritance of UV-B tolerance in seven ecotypes of *Arabidopsis thaliana* L. Heynh. and their F1 hybrids. J. of Heredity 91 (3) : 228- 233.

Tripathi, M.K. ; M.K. Yadav ; A.K. Gaur and D.P. Mishra (2005). PCR based isolation of *psbA* (herbicide binding protein encoding) gene using chloroplast and genomic DNA from phalaris minor biotypes(5). Physiology and Molecular Biology of Plants. 11 (1) : 161 – 163.

Trivedi, S. ; G. Galiba ; N. Sankhla and L. Erdei (1991). Responses of osmotic and NaCl stress of wheat varieties differing in drought and salt tolerance callus cultures. Plant Sci. Limerick, 73 (2) : 227 – 232.

Udovenko, C.V. ; L.A. Semushina ; V.S. Saakov ; V.L. Galbin ; V.A. Koshin and T.A. Kunchenko (1974). Effect of salinization on the state of activity of photosynthetic apparatus on plant. Rast., (21) : 623 – 629.

Ueda, T. ; T. Sato ; H. Numa and M. Yano (2004). Delimination of the chromosomal region for a quantitative trait locus, *QUVR – 10,* conferring resistance to ultraviolet – radiation in rice(*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet. 108 : 385 – 391.

Uma, M.S. and B.C. Patil (1996). Inter-species variation in the performance of cotton under soil salinity stress. Karnataka J. Agric. Sci., 9 (1) : 73 – 77. (C. F. Field Crop Abst., 50 (8), 1997).

Uma, M.S. ; D.P. Viswanath and M.R.G. Rao (1995). Relative performance of cotton genotypes under different levels of salinity irrigation waters. Madras Agricultural J., 82 (1) : 15 – 18. (C. F. Field Crop Abst., 48 (12), 1995).

Underwood, B.A. (2000). Overcoming micronutrient deficiencies in developing countries ! Is there a role for agriculture ? Foot Nutr. Bull 21 (4) : 356 – 360.

USDA, SEA (1980). Suggested Guidelines for Weed Control, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. (621 – 220 / SEA 3619).

Vallad, G.E. and R.M. Goodman (2004). Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. Crop Sci. 44 : 1920 – 1934 .

Vancetovic, J.M. Vidakovic ; L. Stefanovic and M. Simic (2004). In the material of the MRI gene bank, only imidazoline resistance was found among a group of total and selective broad – spectrum herbicides. Maize – Genetics Cooperation Newsletter. (78) : 5 - 6.

Varalakshmi, D. ; N. Lakshmi and K.N. Guruprassad (2003). Physiological changes in soybean variety JS 71 – 05 after the exclusion of UV – A and UV – B from solar radiation : 2nd International Cong. of Plant Physiology, Jan 8 – 12, New Delhi, India, p. 444.

Vasantha, S. (2003). Response of sugarcane genotypes to salinity. Abstr. : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 226.

Villarroya, M. ; M.C. Escorial ; J.M. Garcia-Baudin and M.C. Chueca (2000). Inheritance of tolerance to metribuzin in durum wheat. Weed Research Oxford. 40 (3) : 293 – 300.

Vnuchkova, V.A. and N.B. Khitrov (1990). Method of obtaining regenerated plants of *Hordeum vulgare* resistant to the toxic action of Al^{3+} in an acid medium. USSR patent (1990) A.S. 1546483.

Voigt, P.W. and T.E. Staley (2004). Selection for aluminum and acid-soil resistance in white clover. Crop Sci. 44 : 38 – 48.

Wan, J. H. Zhai , J. Wan and H. Ikehashi (2003). Detection and analysis of QTLs for ferrous iron toxicity tolerance in rice, *Oryza sativa* L. Euphytica 137 : 201 – 206.

Wang , R.M. ; X.E. Yang and C.X. He (2004). Genetic analysis on agronomic traits related to zinc efficiency in lowland rice. J. of Plant Nutrition 27 (4) : 585 – 599.

Wang , S. ; Shi-LiLi ; Sun-ZongXiu ; Cai-Baoli ; Fu-Yaping ; Wang-Yang ; Si-HuaMin ; Liu-Xia and Zhang-Xin (2005). Agrobacterium-mediated transformation of rice (*Oryza sativa* L.) with atrazine chlorohydrolase gene (*atzA*). Agric. Sci. in China. 4 (4) : 241 – 246.

Wardyn, B.M. and W.K. Russell (2004). Resource allocation in a breeding program for phosphorus concentration in maize grain. Crop Sci. 44 (3) : 753 – 757.

Wardyn, B.M. and W.K. Russell (2005). Inheritance of phosphorus concentration in maize grain. Gene action and correlated traits. Maydica 50 (2) : 91 – 99.

Ware, W.G. (1994). The Pesticides book. Thomson Publications P.O. Box 9335 Frenso, (A 9379).

Welch, R.M. (1995). Micronutrient nutrition of plants. Critical Reviews in Plant Science 14 : 49 – 82.

Welch, R.M. (2001). Micronutrients, agriculture, and nutrition : Linkage for improved health and well being p. 247 – 289. In **K. Singh *et al.,*** (ed.). Prespectives on the micronutrient nutrition of crops. Scientific Publishers, Jodhpur, India.

Williams, M.M. II. ; J.K. Pataky ; J.N. Nordby ; D.E. Riechers ; C.L. Sprague and J.B. Masiunas (2005). Cross-sensitivity in sweet corn to nicosulfuron and mesotrione applied postemergence. Horst Science 40 (6) : 1801 – 1805.

Winicov, I. (1994). Gene expression in relation to salt tolerance. In Stress-induced Gene Expression in Plants, (Ed. Barsa As) Harwood Academic Publishers, USA pp 61 – 85.

Winicov, I. and J.D. Button (1991). Accumulation of photosynthesis gene transcripts in response to sodium chloride by salt tolerant alfalfa cells. Planta. 183 : 478 – 483.

Woloshuk, C.P. ; J.S. Meulenhoff ; M. Sela-Buurtage ; P.J.M. van den Elzen and J.C. Cornelissen (1991). Pathogen-induced proteins with inhibitory activity toward phytophthora infestans. Plant Cell, 3 : 619 – 628.

Wu, P. ; A. Luo ; L. Zhu ; J. Yang ; N. Huang and D. Senadhira (1997). Molecular markers liked to genes underlying seedling tolerance of ferrous iron toxicity. In : Plant Nutrition for Sustainable Food Production and Environment. **T. Ando *et al.,*** (eds.), Kluwer Academic Publishers, Japan.

Wu, P. ; C.Y. Liao ; B. Hu ; K.K. Yi ; W.Z. Jin ; J.J. Ni and C. He (2000). QTLs and epistasis for aluminum tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) at different seedling stages. Theor. Appl. Genet. 100 (8) : 1295 – 1303.

Xu-W. ; Huang-KunLun ; Deng-Aike and Luo-Yun Bo (2005). PCR for anti-herbicide genes detection in genetically modified organisms. J. of Agric. Biotechnology. 13 (5) : 575 – 579.

Yang, Y.W. ; R.J. Newton and F.R. Miller (1990). Salinity tolerance in Sorghum. I. Whole plant response to sodium chloride in *S. bicolor* and *S. halepense*. Crop-Science. 30 (4) : 775 – 781.

Yano, S. ; M. Ogawa and Y. Yamanda (1982). Plant formation from selected rice cells resistant to salts. In : Plant Tissue Culture, Fujiwara, A. Ed. Japanese Association for Plant Tissue Culture, Tokyo, 495.

Yen, H.E. ; G.E. Edwards and H.D. Grimes (1994). Characterizatin of a salt-responsive 24-Kilodalton Glycoprotein in *Mesembryanthemum crystallinum*. Plant Physiol, 105 : 1179 – 1187.

YingXin, L. and H. Xiang Ming (1998). Research on the combining ability and inheritance of 12 economic characters in upland cotton. China Cottons (1998) 25 (3) : 9 – 11.

Yokoyama, T. ; N. Kodama ; H. Aoshima ; H. Izh ; K. Matsushita and M. Yamada (2001). Cloning of a cDNA for a constitutive NRT1 transporter from soybean and comparison of gene expression of soybean NRT1 transporters. Biochimica et. Biophysica Acta, Gene Structure and Expression 1518 (1 / 2) : 79 – 86.

YoungYell, Y. ; J.J. Young ; S. Won Yong ; S. Haksoo and L. Young Sook (2000). Identification of rice varieties with high tolerance or sensitivity to lead and characterization of the mechanism of tolerance. Plant Physiology 24 (3) : 1019 – 1026.

Yusuf, Y. (1981). Differential responses of sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) genotypes to iron nutrition. Diss. Abstr. Int. B. 41 : 4334 – 4335 B.

Zao, R.T. ; S.G. Gao ; Y.K. Qiao ; H.M. Zhu and Y.J. Bi (1995). Studies on the application of anther culture in salt tolerance breeding in wheat. Acta Agronomica Sinica. 21 (2) : 230 – 234.

Zavareh, M. ; D. Mazaher and M.R. Chaichi (2003). Effects of different levels of water salinity (seawater) on germination characteristics of rapeseed (*Brassica napus* L.) and brown mustard (B. juncea Czern. and Coss) Genotypes. Abstr. : 2nd International Cong. of Plant Physiology Jan. 8 – 12, 2003, New Delhi, India, P. 257.

Zayed, B.A. ; S.M. Shehata ; A.A. Abou Khalifa and S.M. El-Mowfy (2004a). Seedling vigor of hybrid rice related to seed rate under saline soil condition. The International Conference On Advanced Rice Research, 21 – 23 September, Abstract P. 55 Alexandria, Egypt.

Zayed, B.A. ; S.M. Shehata ; G. Glenn and A.E. Draz (2004b). Cell membrane stability, photosynthetic rate and associated traits indicator of salinity tolerance in some rice cultivars (*Oryza sativa*, L.). The International Conference On Advanced Rice Research, 21 – 23 September, Abstract P. 28 Alexandria, Egypt.

Zelenskii, M.O. and V.S. Noboka (1971). Heterogeneity of winter wheat varieties and its expression in suitable conditions. Nauk. Pratsi UKV. Silkogospod. Akad 32 : 13 – 16. (C.F. Gupta, U.S. 1997). (Eds) " Crop Improvement Vol. 2. Stress Tolerance ". Enfield Distribution Co. Enfield, New Hampshire, USA.

Zeng, L. and M.C. Shannon (2000). Effects of salinity on grain yield and yield components of rice at different seeding rates. Agronomy J. 92 : 418 – 423.

Zeng, L. ; J.A. Poss ; C. Wilson ; A.E. Draz ; G.B. Gregorio and C.M. Grieve (2003). Evaluation of salt tolerance in rice genotypes by physiological characters. Euphytica 129 : 281 – 292.

Zenk, M.H. (1997). Heavy metal detoxification in higher plants – a review. Gene 179 : 21 – 30.

Zenoff, A.N. ; M. Hilal ; M. Galo and H. Moreno (1994). Changes in lipid composition and inhibition of the extrusion of protons during salt stress in two genotypes of soybean resistant or susceptible to stress. Varietal differences. Plant Cell Physiol. 35 : 729 – 735.

Zhang, W. and E.P. Webster (2002). Shoot and root growth of rice (*Oryza sativa*) in response to V-10029. Weed Technology 16 (4):768 – 772.

Zhang, N. ; N. Yi ; S. Linscombe and J. Orda (2003). Out- crossing frequency and genetic analysis of hybrids between transgenic glufosinate herbicide- resistant rice and the weed. Euphytica. 130 (1) : 35 – 45.

Zhang, M.W. ; B.J. Guo and Z.M. Peng (2004a). Genetic effects on Fe , Zn , Mn and P contents in Indica black pericarp rice and their genetic correlations with grain characteristics. Euphytica 135 (3) : 315 – 323.

Zhang, W. ; E.P. Webster ; D.C. Blouin and S.D. Linscombe (2004b). Differential tolerance of rice (*Oryza sativa*) varieties to clomazone. Weed Technology 18 (1) : 73 – 76.

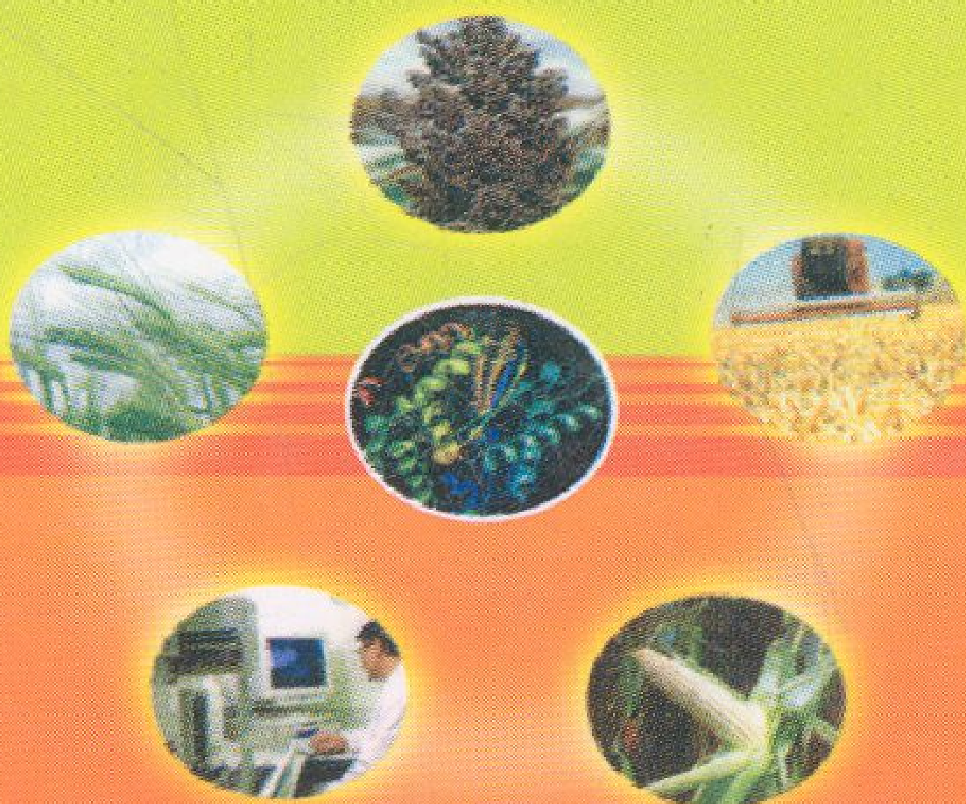
Zang, X. ; R.S. Jessop and F. Ellison (2002). Genetic variability and parameter estimates of aluminum and manganese tolerance in tritical. 12th Australasian Plant Breeding Conference , Perth, Western Australia 15 – 20th September 2002, p. 84.

Zhong, G.Y. and J. Dvorak (1995). Chromosomal control of the tolerance of gradually and suddenly imposed salt stress in the *Lophopyrum elongatum* and wheat, *Triticum aestivum* genomes. Theor Appl Genet, 90 : 229 – 236.

Zhou, H. ;J.D. Berg ;S.E. Bland ;C.A. Chay ;G. Chen ;S.R. Eskelsen ;J.E. Fry ;S. Hol ;T. Hu ;P.J. Isakson ;M.B. Lawton ;S.G. Metz ;G.B. Rempel ;D.K. Ryerson ;A.P. Sansone ;A.L. Shook ;R.J. Starke ; J.M. Tichota and S.A. Valenti(2003). Field efficacy assessment of transgenic Roundup Ready wheat. Crop Science. 43(3): 1072 – 1075.

وراثة و تربية المحاصيل ٢
لتحمل الإجهاد البيئي

الملوحة - نقص العناصر الغذائية
سمية العناصر الغذائية - مبيدات الحشائش
الإشعة فوق البنفسجية



أ.د/ حسن عوده عواد
أستاذ المحاصيل و تربية النبات
كلية الزراعة - جامعة الزقازيق

المكتبة المصرية
٢ش أحمد ذو الفقار - لوران الإسكندرية
تليفاكس: ٠٠٢/٠٣/٥٨٤٠٢٩٨
محمول: ٠٩٢/٤٦٨٦٠٤٩

